ÜBER DIE

UNTERSCHEIDUNG VON SCHALLSTÄRKEN.

INAUGURAL-DISSERTATION

ZUR

ERLANGUNG DES DOCTORGRADES DER PHILOSOPHISCHEN FACULTÄT

DER

UNIVERSITÄT LEIPZIG

VORGELEGT

VON

ERNST TISCHER.

LEIPZIG
WILHELM ENGELMANN
1882.

(Separat-Druck aus: »Wundt, Philosophische Studien« Bd. I. 4. Heft.)

Die Versuche, welche im Wintersemester 1879—80 unter der Leitung des Herrn Prof. Wundt in dessen psychophysischem Laboratorium zur Messung der Apperceptionsdauer bei einfachen Lichtempfindungen angestellt wurden, ergaben für alle bei denselben betheiligten drei Individuen ein verschiedenes Resultat, jenachdem zwei oder vier qualitativ verschiedene Lichtempfindungen in unbestimmter Reihenfolge vor dem Auge des Beobachters abwechselten. Sowohl die ganzen physiologischen als auch die reducirten oder eigentlichen Unterscheidungszeiten waren länger beim Wechsel von vier, als bei demjenigen von zwei Lichtempfindungen.[1]) Zwar zeigten bei einem der Reagirenden die Unterscheidungszeiten zwischen vier Farben eine tägliche Abnahme und allmälige Annäherung an die Unterscheidungszeiten bei zwei Farben, so dass die Vermuthung nicht ganz ausgeschlossen war, der Unterschied zwischen beiden könne durch hinreichende Uebung auf eine unansehnliche Größe herabgedrückt werden; sollten aber neue Versuche dieses nicht bestätigen, so hatte andererseits die Frage nach der Abhängigkeit des Wachsthums der Unterscheidungszeit von der Anzahl der zu unterscheidenden Eindrücke an Interesse gewonnen. Herr Prof. Wundt ließ daher im Sommer 1881 und Winter 1882 unter seiner Aufsicht Versuche ausführen, welche über jene Fragen Aufschluss geben sollten. Um gleichzeitig das Beobachtungsmaterial hinsichtlich der Apperceptionsdauer bei einfachen Vorstellungen über andere als Gesichtsobjecte auszudehnen, wurden die früher benutzten Farbenempfindungen durch Schallempfindungen ersetzt, und anstatt durch Variation ihrer Qualitäten wurde die Mannichfaltigkeit der zu unterscheidenden Eindrücke durch hinreichend große Abstufungen ihrer

1) Vgl. die Abhandlung von Dr. M. Friedrich: »Ueber die Apperceptionsdauer bei einfachen und zusammengesetzten Vorstellungen« in den »Philosophischen Studien« I. S. 39 f.

Intensitäten bewirkt. — Die Bearbeitung der Ergebnisse dieser Versuche bildet den Gegenstand dieser Abhandlung.

Die zu unterscheidenden Schallempfindungen wurden durch Aufschlagen von Bleikugeln auf das Fallbrett des Hipp'schen Fallapparates, die Aenderungen der Schallstärken durch Aenderungen der Fallhöhen oder der Gewichte der fallenden Kugeln erzeugt. Es kam zunächst darauf an, die Schallreize so abzustufen, dass der Unterschied zwischen je zwei Nachbarschallen gleich groß empfunden wurde. Wäre die aus theoretischen Gründen wahrscheinlichste und lange Zeit festgehaltene Annahme zulässig, dass die Intensität i eines Schallreizes, der durch Aufschlagen einer von der Höhe h herabgefallenen Kugel vom Gewicht p erzeugt wird, dem Gesetze $i = c.p.h$ folge, wo c eine von dem Fallbrett und dem Material der Kugel abhängige Constante bedeuten soll, so würde bei gleichem Fallgewicht einer in geometrischer Progression geordneten Reihe von Fallhöhen dem Weber'schen psychophysischen Gesetze entsprechend eine in arithmetischer Progression fortschreitende Reihe von Schallstärkeempfindungen zugehören. Indessen hat Vierordt[1]) die Maßformel $i = c.p.h$ einer experimentellen Prüfung unterworfen und gefunden, dass dieselbe eine allgemeine Giltigkeit nicht beanspruchen dürfe, dass vielmehr die Formel $i = c.p\sqrt{h}$ der Wahrheit viel näher komme. Das gleiche Resultat haben die mit rein objectiven Hilfsmitteln ausgeführten, erst nach Beginn unserer Versuche veröffentlichten »Untersuchungen über die Schallstärke« von Oberbeck[2]) geliefert. Während Vierordt auf Grund seiner Versuche geneigt war, die Schallstärke durch das Product $p\sqrt{h}$ zu messen, stellte Oberbeck eine empirische Formel von der Form $i = p.h^{\varepsilon}$ auf und fand für das sich innerhalb seiner Beobachtungsgrenzen (Bleikugeln von den Gewichten 3,68 und 5,97 g, Steinkugeln von den Gewichten 6,82, 12,16 und 17,64 g, Fallhöhen gleich 10, 20 und 30 cm) nahezu als constant erweisende ε den Mittelwerth 0,641. Da aber sowohl die Fallgewichte wie die Fallhöhen, welche Vierordt zu seinen Versuchen benutzt hatte, in Vergleich mit den unseren sehr klein waren, da ferner Vierordt seine Kugeln auf eine Metallplatte aufschlagen ließ,

1) Vierordt, Zeitschr. für Biologie, 1878, XIV, S. 300. Vergl ebend. Bd. XVII, S. 361.

2) Wiedemann's Annalen XIII, S. 222 f.

während unsere Unterlage ein mit Tuch überzogenes, auf elastischen Metallfedern ruhendes Holzbrett war, so durften wir die Vierordt-schen Ergebnisse nicht ohne weiteres auf unsere Verhältnisse übertragen, sondern mussten eigene Versuche über die Messung von Schallstärken anstellen. Dieselben lieferten, mit Bleikugeln von 20 bis 50 g Gewicht, mit Fallhöhen von 8 bis 60 cm und mit dem oben erwähnten Hipp'schen Fallbrett ausgeführt, ein von dem Vierordt'schen so sehr abweichendes Resultat, dass es wünschenswerth erschien, sie unter veränderten Versuchsbedingungen, mit kleineren Fallgewichten und bei verschiedenen Fallunterlagen zu wiederholen. Da ergab es sich, dass bei den von uns benutzten Mitteln von einer allgemeingiltigen akustischen Maßformel für die durch Aufschlagen einer fallenden Kugel erzeugten Schallstärken von der Form $i = c.p.h^{\varepsilon}$ mit constantem ε nicht die Rede sein könne. Der Werth von ε hing nicht allein von der Fallunterlage ab, sondern änderte sich auch mit Fallhöhe und Fallgewicht. Er schwankte im allgemeinen zwischen 0,6 und 1,0, ja in einzelnen Fällen hat er die Größe 1 noch überschritten.

Von diesen Ergebnissen wurde außer bei unseren Zeitmessversuchen noch eine Anwendung gemacht: nämlich die, auf Grund einer empirisch ermittelten Maßtabelle für die Intensitäten der Schallreize nach der Methode der Minimaländerungen der Empfindung das Weber'sche psychophysische Gesetz zu prüfen. Mit Schallreizen, die durch Aufschlagen frei herabfallender Kugeln auf geeignete Unterlagen erzeugt werden, sind bisher zum Zwecke einer solchen Prüfung nur von Volkmann[1]) nach der Methode der Minimaländerungen, und von Nörr[2]) nach der Methode der richtigen und falschen Fälle Versuche angestellt worden. Aber diejenigen von Volkmann erstrecken sich über einen verhältnissmäßig geringen Reizumfang (größte : kleinste Fallhöhe = 11 : 3; größtes : kleinstes Fallgewicht = 14,85 g : 1,35 g), und die zahlreichen, über einen außerordentlich großen Reizumfang (Fallhöhen zwischen 0,75 cm und 3 cm, Gewichte zwischen 0,0067 g und 1025 g) ausgedehnten Versuche von Nörr wurden unter der nicht einmal für Gewichte zwischen 0,00158 und 0,056 g von Vierordt völlig erwiesenen, für größere Gewichte

1) Fechner's Psychophysik I, S. 176.
2) Zeitschrift für Biologie, 1879, XV, S. 297 f.

aber gar nicht geprüften Annahme berechnet, dass die Schallstärken auch bei großen Fallgewichten der Quadratwurzel aus der Fallhöhe proportional seien. Da unsere Resultate über das Maß von Schallstärken jene Annahme nicht bestätigten, so war die Wiederholung von Versuchen zur Prüfung des Weber'schen Gesetzes im Gebiete der Schallempfindungen wünschenswerth. Dieselben sind auch insofern nicht ohne Werth, als sie über die Anwendbarkeit der Methode der Minimaländerungen bei Schallempfindungen ein Urtheil abgeben.

Die vorliegende Arbeit zerfällt demnach in drei Abschnitte. Der erste enthält die Ergebnisse unserer Versuche über das Maß von Schallstärken; der zweite liefert eine Prüfung des Weber'schen psychophysischen Gesetzes mittelst der Methode der Minimaländerungen der Empfindung im Gebiete der Schallempfindungen; der dritte und wichtigste Abschnitt beschäftigt sich mit unserer eigentlichen Aufgabe, d. i. mit der Beantwortung der Frage: Welches ist die Zeit der Unterscheidung zwischen zwei oder mehreren deutlich unterscheidbaren Schallstärken, und wie wächst diese Unterscheidungszeit mit der Anzahl der zu unterscheidenden Schallreize? Daran reihen sich schließlich noch die Ergebnisse von Wahlversuchen, welche ebenso wie im Winter 1880 auch diesmal mit den Unterscheidungsversuchen verbunden wurden.

I. Versuche über die Messung von Schallstärken.

A. Anordnung der Versuche.

Diese Versuche wurden nach einem, im wesentlichen schon von Vierordt benutzten Verfahren ausgeführt. Eine größere Kugel vom Gewichte P fiel von einer kleineren, constant gehaltenen Höhe h auf die jeweils zu untersuchende Unterlage. Mit dem dadurch erzeugten Schalle wurde ein in kurzer Zeit nachfolgender resp. kurz vorangegangener Schall verglichen, welcher von einer von der größeren Höhe H herabfallenden kleineren Kugel vom Gewichte p hervorgebracht wurde. Der Beobachter oder Vergleicher, welcher dem Manipulator, der das Fallenlassen der Kugeln besorgte, den Rücken zukehrte, um durch den Anblick der benutzten Fallhöhen und Gewichte in seinem Urtheil nicht beeinflusst zu werden, hatte

anzugeben, welche von den beiden Schallstärken die größere gewesen sei. Nach dieser Angabe wurde die Höhe H so lange abgeändert, bis zwischen beiden Schallstärken ein Unterschied nicht mehr wahrgenommen wurde. Dabei wurde einmal H so klein gemacht, dass der Schall der kleineren Kugel übermerklich schwächer war als der andere, und allmälig bis auf den Werth H' vergrößert, wo beide Schalle gleich stark erschienen; darauf wurde H so groß genommen, dass der zugehörige Schall übermerklich stärker war als der der großen Kugel, und allmälig auf den Werth H'' herabgedrückt, wo wieder beide Schallstärken keinen Unterschied mehr zeigten. Die Werthe H' und H'' waren einander nicht gleich, sondern $H' < H''$; der Mittelwerth $^1/_2(H' + H'')$ wurde als diejenige Fallhöhe angenommen, bei welcher die Schallstärke der kleineren Kugel derjenigen der größeren gleichzusetzen sei, oder bei welcher, im Anschluss an die Oberbeck'sche Formel,

$$pH^\varepsilon = Ph^\varepsilon$$

war.

Der Fallapparat bestand aus einer auf einem Dreifuß ruhenden eisernen, 1,5 m langen, vertical stehenden Stange, an welcher mehrere horizontale Arme mit kreisrunden Oesen in verticaler und in allen horizontalen Richtungen verschoben werden konnten. Durch die unmittelbar hinter den Oesen befindlichen Schlitze ging ein Faden, welcher an der Fallunterlage befestigt war, sich an einer vertical über der unteren Befestigungsstelle befindlichen hinreichend entfernten oberen Stelle umbog und durch ein Gewicht gespannt erhalten wurde; derselbe markirte die Falllinie der Kugeln und ermöglichte ein rasches und sicheres Einstellen der Oesen lothrecht über der Stelle, auf welche die Kugeln aufschlagen sollten. Die Fallhöhen wurden durch ein ebenso wie der Faden, aber unmittelbar hinter demselben angebrachtes Bandmaß angezeigt. Jede Kugel wurde zwischen zwei Fingern, welche auf dem Rande einer der Oesen ruhten, festgehalten, und das Hinabfallen durch ruhiges Oeffnen der Finger bewirkt. Als Fallunterlagen wurden benutzt

1) das Hipp'sche Fallbrett,

2) ein 30 cm langes, 22 cm breites und 3 cm dickes, mit einem nicht sehr starken Tuchzeug überzogenes, auf elastischen Kautschukfüßen ruhendes Holzbrett,

3) ein nacktes Brett aus dichtem Apfelbaumholz von den Dimensionen 22, 18 und 2,5 cm.

4) eine Eisenplatte von den Dimensionen 19, 12 und 0,8 cm.

Von den Unterlagen (2) und (3) wurde die auffallende Kugel ein oder mehrere Male zurückgeworfen, und durch das dadurch bedingte wiederholte schwächere Aufschlagen entstand ein störendes, die Genauigkeit der Schätzung beeinträchtigendes Nebengeräusch. Um dasselbe zu vermeiden, wurden die Fallbretter unter einer geringen Neigung aufgestellt, welche hinreichte, um zu bewirken, dass die Kugel beim zweiten Aufschlagen das Brett in einem von der ersten Aufschlagstelle um einige Centimeter entfernten Punkte traf. Der ganze Bereich dieser Punkte wurde mit einem Polster aus Watte belegt, welches das Entstehen des Nebengeräusches verhinderte. Die Eisenplatte wurde horizontal auf ein Bänkchen gelegt, da auf ihr die Kugeln ohne Rückprall liegen blieben. Bezüglich der bloßen Holzplatte ist noch zu bemerken, dass sie nur mit den horizontalen Querkanten, von denen die eine 2 cm höher lag als die andere, fest aufruhte; der Raum unter der Platte war daher hohl, und dadurch wurde unabsichtlich die Elasticität und Schwingungsfähigkeit derselben erhöht. Die fallenden Kugeln bestanden aus Blei und ihre Gewichte lagen zwischen den Grenzen 0,3 und 200 g.

B. Resultate der Versuche.

Dieselben sind aus den folgenden Tabellen ersichtlich, in denen die Gewichte in Grammen, die Höhen in Centimetern angegeben sind. Die Verhältnisse $P:p$ und $H:h$ sind mit aufgenommen worden, weil ihre Vergleichung sofort ein Urtheil über die ungefähre Größe des Exponenten ε gestattet. Denn da $\varepsilon = \frac{\log P/p}{\log H/h}$, so ist $\varepsilon \gtreqless 1$, jenachdem $P/p \gtreqless H/h$, und weicht umsomehr von der Einheit ab, je mehr P/p und H/h von einander differiren.

a. Die Versuche mit Unterlage (1).

Tabelle I enthält die Ergebnisse der Versuche im Sommer 1881, bei denen Herr Prof. Wundt, stud. math. Thöldte und ich die Schallstärken gleichzeitig verglichen. Da die Verhältnisszahl P/p für jedes Gewichtspaar einen andern Werth hat, so ist zu jedem einzelnen

Gewichtspaare das entsprechende ε angegeben worden. Die in Tabelle II enthaltenen Versuche wurden im Januar 1882 ausgeführt. Außer von Herrn Dr. Trautscholdt (*Tt.*) wurden bei einigen Versuchen die Schallstärken auch von den Herren Oberlehrer Dr. Wolf (*D. Wf.*), Lehrer Wolf (*C. Wf.*) und cand. math. Estel (*E.*) verglichen, während ich meine Aufmerksamkeit nur auf die gleichmäßige Bedienung des Fallapparates lenkte.

Tab. I.

p	P	P/p	h	H	H/h	ε
20,68	52	2,56	16	40	2,5	1,028
52	103	1,98	16	28	1,75	1,211
103	209	2,03	10	18	1,8	1,205

Tab. II.

			Tt.			*D. Wf.*			*C. Wf.*			*E.*		
p	P	P/p	h	H	H/h	h	H	H/h	h	H	H/h	h	H	H/h
20	50	2,5	6	14	2,23	—	—	—	—	—	—	—	—	—
»	»	»	10	23,5	2,35	—	—	—	—	—	—	—	—	—
»	»	»	16	39	2,44	—	—	—	16	36	2,25	16	40	2,5
»	»	»	20	43	2,15	20	43	2,15	—	—	—	20	49	2,45
»	»	»	24	54,5	2,27	—	—	—	24	54	2,25	24	60	2,5

Das Mittel aus allen H/h-Werthen der zweiten Tabelle ist 2,33, wozu sich der Exponent $\varepsilon = 1{,}083$ berechnet, welcher mit dem im Sommer gefundenen Mittelwerth $\varepsilon = 1{,}148$ gut übereinstimmt. Die Abweichung wird fast allein durch die Herrn Estel zugehörigen H/h-Werthe bedingt, welche geradezu der Maßformel $i = p.\ h$ entsprechen. Die individuellen Unterschiede in den H/h-Werthen sind jedenfalls nur darin begründet, dass die mit einander verglichenen Schalle hinsichtlich ihrer qualitativen Beschaffenheit doch nicht ganz gleich erschienen, sondern einen Unterschied besaßen, den man dadurch einigermaßen kennzeichnen kann, dass man sagt, der Schall der kleineren Kugel sei spitzer und höher, der der größeren breiter und tiefer.

b. Die Versuche mit Unterlage (2).

Tab. III.

Vers. im Sommer 1881; Vergleichende: Herr Prof. Wundt, stud. Thöldte und ich.

p	P	P/p	h	H	H/h	ε
0,79	1,88	2,39	16	41	2,56	0,927
20,68	52	2,56	20	57	2,86	0,899
52	103	1,98	»	40,5	2,025	0,968
103	209	2,03	»	42	2,1	0,954
209	440	2,15	»	44	2,2	0,973

Zu den Versuchen im Winter 1882 stellte ich mir Bleikugeln her, deren Gewichte eine geometrische Reihe bildeten, so dass das Gewichtsverhältniss P/p jedes Kugelpaares während einer Versuchsreihe constant gehalten werden konnte. Dadurch ließ sich schon ohne Rechnung eine etwaige Aenderung von ε mit den absoluten Werthen der Fallgewichte am leichtesten bemerken. Wegen des qualitativ etwas verschiedenen Charakters der mit einander zu vergleichenden Schallstärken geschah es, dass, wenn mehrere Personen gleichzeitig verglichen, von den verschiedenen Vergleichern einander widerstreitende Urtheile abgegeben wurden, sobald ich mit der variabelen oberen Fallhöhe in die Nähe der Werthe H' und H'' gelangte. Ferner zeigte sich, dass alsdann die verschiedenen Vergleicher einander in ihrem Urtheil beeinflussten, indem sie einer Uebereinstimmung zustrebten. Um die Größe dieser individuellen Unterschiede kennen zu lernen und von jedem Beobachter reine, ihm eigenthümliche Angaben zu erhalten, habe ich bei den folgenden Versuchsreihen die Schätzung nur von je einer Person ausführen lassen und zwar von *Tt.*, *C. Wf.*, stud. math. Merkel (*Ml.*), stud. math. Mehner (*Mr.*) und mir (*Tr.*). Jede in je einer Tabelle mitgetheilte Versuchsreihe nahm eine Zeit von $1^1/_2$ bis $2^1/_2$ Stunden in Anspruch.

Tab. IV. Vergleichender: *Tt.*

p	P	P/p	h	H	H/h
8	20	2,5	15	36	2,4
»	»	»	30	73	2,43
»	»	»	45	110	2,44
20	50	»	15	34	2,27
»	»	»	30	77	2,57
50	125	»	15	38	2,53
»	»	»	30	76	2,53

Tab. V. VI. VII.

Vergl. *Tr.* *C. Wf.* *Ml.*

p	P	P/p	h	H	H/h	h	H	H/h	h	H	H/h
8	20	2,5	10	28	2,80	10	28	2,8	10	25	2,5
»	»	»	20	55	2,75	20	56	2,8	20	52	2,6
»	»	»	30	80	2,67	30	85	2,83	—	—	—
»	»	»	40	104	2,60	40	113	2,82	40	110	2,75
20	50	»	10	26	2,60	10	23	2,3	10	29	2,9
»	»	»	20	52	2,60	20	50	2,5	20	60	3,0
»	»	»	30	75	2,50	30	73	2,43	—	—	—
»	»	»	40	94	2,35	40	95	2,47	40	104	2,6
»	»	»	50	108	2,16	—	—	—	—	—	—
50	125	»	10	25	2,50	—	—	—	10	29	2,9
»	»	»	20	54	2,70	20	44	2,2	20	55	2,75
»	»	»	30	71	2,37	30	73	2,43	—	—	—
»	»	»	40	81	2,02	40	83	2,08	40	95	2,37
»	»	»	50	106	2,12	—	—	—	—	—	—

Tab. VIII. *Mr.*

p	P	P/p	h	H	H/h
12,5	25	2	10	27	2,7
»	»	»	30	75	2,5
25	50	»	10	23	2,3
»	»	»	20	48	2,4
»	»	»	30	68	2,27
»	»	»	40	83	2,08
»	»	»	50	109	2,18
50	100	»	30	57	1,9

Diese Tabellen zeigen zunächst, dass die H/h-Werthe theils kleiner, theils größer sind, als die P/p-Werthe, dass sie von letzteren nur wenig abweichen und dass somit bei der hier benutzten Schallquelle die Schallstärke der aufgewandten Energie sehr nahe proportional ist. Die Gesammtmittel der H/h und die ihnen entsprechenden ε sind

bei	*Tt.*	*Tr.*	*Wf.*	*Ml.*	*Mr.*
$H/h =$	2,45	2,48	2,508	2,70	2,29
$\varepsilon =$	1,02	1,008	0,998	0,92	0,836.

Die ε zeigen aber nicht nur individuelle Unterschiede, sondern es lassen sich aus den Tabellen V, VI, VII und VIII noch die beiden folgenden Bemerkungen entnehmen:

1. Die H/h-Werthe nehmen ab, oder ε wächst, wenn die absoluten Werthe von h und H zunehmen.

2. Die H/h-Werthe nehmen ab, oder ε wächst, wenn die absoluten Werthe von p und P zunehmen.

Es sind nämlich die Mittel der H/h und die entsprechenden ε

bei	*Tr.*		*Wf.*		*Ml.*	
	H/h	ε	H/h	ε	H/h	ε
für $h = 20$	2,683	0,928	2,5	1,000	2,783	0,895
für $h = 40$	2,457	1,019	2,42	1,037	2,575	0,969.

	bei *Mr.*	
	H/h	ε
für $h = 10$	2,5	0,756
für $h = 30$	2,14	0,911.

Ferner ist bei

	Tr.		*Wf.*	
	H/h	ε	Hh	ε
für $P/p = {}^{20}/_{8}$ g	2,705	0,921	2,812	0,886
» » $= {}^{50}/_{20}$ g	2,442	1,026	2,400	1,046
» » $= {}^{125}/_{50}$ g	2,342	1,074	2,337	1,079.

und

	bei *Mr.*	
	H/h	ε
für $P/p = {}^{25}/_{12,5}$ g	2,600	0,725
» » $= {}^{50}/_{25}$ g	2,246	0,857
» » $= {}^{100}/_{50}$ g	1,900	1,080.

Es stimmt dies mit dem von Oberbeck gefundenen Resultate überein, dass bei großen Gewichten die Schallstärken etwas langsamer wachsen als die Gewichte. Denn wenn der Schall der großen, unteren Kugel schwächer ist, als er nach der Formel $i = Ph^{\varepsilon}$ sein sollte, so genügt offenbar schon ein kleineres H, um die Schallstärke der kleineren Kugel derjenigen der größeren gleich zu machen.

c. Die Versuche mit Unterlage (3).

Bei denselben wurden die Schallstärken nur von Herrn Merkel verglichen; es ergaben sich die folgenden Zahlen:

Tab. IX.

p	P	P/p	h	H	H/h	ε
0,295	0,66	2,237	10	37	3,7	0,615
»	»	»	40	122	3,05	0,722
2,58	4,67	1,81	10	25	2,5	0,649
»	»	»	50	117	2,34	0,699
3,64	8,00	2,2	10	30	3,00	0,718
»	»	»	25	79	3,16	0,685
»	»	»	40	113	3,825	0,759
8	12,5	1,56	10	17,5	1,75	0,79
»	»	»	50	85	1,70	0,84

p	P	P/p	h	H	H/h	ε
12,5	25	2,00	10	23	2,3	0,832
»	»	»	30	66	2,2	0,879
»	»	»	50	104	2,08	0,946
25	50	2,00	10	21	2,1	0,792
		»	30	64	2,13	0,918
50	100	2,00	10	23,5	2,35	0,813
»	»	»	30	65	2,17	0,895
»	»	»	50	101	2,02	0,986
100	200	2,00	10	23	2,30	0,832
»	»	»	30	60	2,00	1,000
»	»	»	50	101	2,02	0,986

Auch die ε dieser Tabelle zeigen das schon Seite 9 bemerkte Verhalten, mit zunehmenden absoluten Werthen von P und h zu wachsen. Dabei stimmen die unseren kleinsten Fallgewichten und Fallhöhen zugehörigen ε sehr gut mit dem von Vierordt gefundenen $\varepsilon = 0{,}622$ überein.

d. Die Versuche mit Unterlage (4).

Tab. X.

Versuche im Sommer 1881; Vergl. Herr Thöldte und ich.

p	P	P/p	h	H	H/h	ε
0,283	0,701	2,477	20	85	4,25	0,627
5,7	20,7	3,63	»	78	3,90	0,948
20,68	52,00	2,56	»	94	4,70	0,608
52,00	103,0	1,98	»	44	2,2	0,866
103,0	209,0	2,03	»	52	2,6	0,741

Tab. XI.

Versuche im Winter 1882; Vergl. *Tt.*

p	P	P/p	h	H	H/h	ε
8	20	2,5	15	66	4,4	0,673
»	»	»	25	95	3,4	
20	50	»	15	89	5,93	0,513
»	»	»	25	150	6,00	
50	125	»	15	40,5	2,7	0,968
»	»	»	25	61	2,45	

Tab. XII.

Vergl. Herr Fritzsche und ich.

p	P	P/p	h	H	H/h	ε
0,295	0,66	2,237	10	45	4,5	0,548
»	»	»	20	84	4,2	
0,66	1,058	1,603	10	26	2,6	0,544
»	»	»	30	65	2,17	
1,058	2,579	2,44	10	34,5	3,45	0,763
»	»	»	20	64	3,20	
»	»	»	30	90	3,00	
2,579	5,558	2,156	10	36	3,6	0,628
»	»	»	20	62	3,2	
»	»	»	30	102	3,4	
5,558	8	1,44	10	23,5	2,35	0,505
»	»	»	20	38	1,90	
»	»	»	30	58	1,93	
8	12,5	1,56	10	23	2,3	0,587
»	»	»	20	39	1,95	
»	»	»	30	65	2,17	
12,5	25	2,00	10	29,5	2,95	0,683
»	»	»	20	48	2,40	
»	»	»	30	88	2,93	
25	50	»	10	32,5	3,25	0,618
»	»	»	20	54	2,7	
»	»	»	30	97,5	3,25	
50	100	»	20	45	2,25	0,738
»	»	»	30	86	2,87	
100	200	»	20	44,5	2,225	0,867

Während die ε der Unterlagen (2) und (3) nur wenig von einander abweichen und im allgemeinen dem Werthe 1 näher liegen als dem Werthe 0,5, sind die der Eisenplatte sämmtlich viel kleiner. Sie nähern sich dem Werthe 0,5 und zeigen große Uebereinstimmung mit den von Vierordt gefundenen Exponenten

0,622, 0,559, 0,543,

bei dessen Versuchen Zinn- oder Schiefertafeln, d. h. solche Unterlagen benutzt wurden, auf denen die auffallende, immer sehr kleine Bleikugel ohne Rückprall liegen blieb, und bei denen daher ein Theil derjenigen aufgewandten Energie, welche nicht zur Schallerzeugung gelangte, zur Deformation der Bleikugeln verwendet wurde. Dass diese Deformation bei unseren elastischen Unterlagen (2) und (3) eine verschwindend kleine war, darin liegt vielleicht ein Grund für die größeren Werthe der zugehörigen ε. Denn es ist wahrscheinlich, dass die Deformation, also auch der Schallverlust mit zunehmender Geschwindigkeit rasch, mit zunehmender Masse aber nur langsam wächst,

dass also der Schallverlust für die kleinere, mit der größeren Geschwindigkeit anlangende Kugel relativ größer ist und durch Vergrößerung der Fallhöhe aufgehoben werden muss. Bei den elastischen Unterlagen tritt zwar statt der Deformation der Rückprall der Fallkugeln ein; aber wenngleich der dadurch bedingte Schallverlust seinem absoluten Betrage nach größer sein kann, als der einer Deformation entsprechende, so ist doch denkbar, dass er mit zunehmender Geschwindigkeit nicht so rasch wächst als dieser, und dass somit dennoch die ε der elastischen Unterlagen größer sein müssen, als die der eisernen. Dass in der That der Schallverlust von Bleikugeln auf der Eisenplatte mit zunehmender Höhe rascher wächst, als auf der Holzplatte (3), haben directe Versuche bestätigt. Ich ließ von einer kleineren Höhe h eine Kugel p auf die Eisenplatte aufschlagen und suchte die Höhe h', von welcher ein Gewicht p' herabfallen musste, um auf der Unterlage (3) einen gleich starken Schall zu erzeugen. Darauf gab ich p die größere Fallhöhe H und suchte das zugehörige H' auf. Hier die Ergebnisse dieser Versuche, in denen Herr cand. phil. Klinger mit vom Fallapparat abgewandtem Gesichte die Schalle verglich:

p	p'	h	h'	H	H'	h'/h	H'/H
0,66	0,66	20	40	80	90	2,0	1,125
20,0	20,0	20	42	80	100	2,1	1,25
100	125	20	29	90	80	1,45	0,88.

Der Umstand, dass $h'/h > H'/H$, enthält die genannte Bestätigung.

Da bei den Unterlagen (2) und (3) die großen Kugeln nur einen geringen Rückstoß erfuhren, die kleinen aber um beträchtliche Höhen zurückgeworfen wurden, so ist erklärlich, dass die letzteren verhältnissmäßig mehr an Schallstärke verloren und consequenterweise kleinere ε aufzeigten. — Bei der Unterlage (1) blieb neben der Deformation auch noch der Rückprall fort, und dementsprechend ist das zugehörige ε von der Einheit nur wenig verschieden. Dass es den Werth 1 sogar ein wenig überschreitet, ist vielleicht in unserer Neigung begründet, von zwei gleich starken Schallen von verschiedener Höhe dem höheren eine größere Intensität beizulegen.

Hinsichtlich der qualitativen Unterschiede der auf den Unterlagen (2) (3) (4) erzeugten Schalle sei erwähnt, dass die bloße Holzplatte die kürzesten, schärfsten und dabei unter sich gleichartigsten Schalle

ergab. Die Gleichartigkeit war zwar auch bei den Schallen auf dem mit Tuch überzogenen Holzbrett gegeben, doch waren dieselben im allgemeinen und insbesondere bei kleinen Kugeln matter. Hingegen waren die Schalle auf der Eisenplatte von einem klirrenden und klingenden Geräusch begleitet, welches die Vergleichung erschwerte. Daher sind auch die Schwankungen der Einzelversuche untereinander in den Tabellen X, XI und XII am größten. Auffallend ist, dass in beiden Tabellen X und XI das kleinste ε den Gewichten 52 und 20,68 resp. 50 und 20 g zugehört, und dass ebenso in Tabelle XII den Gwichten 50 und 25 g ein viel kleineres ε zugehört als den Nachbarverhältnissen 25/12,5 und 100/50. Es scheint daraus hervorzugehen, namentlich wenn man noch in Tab. X die auffallende Größe der unmittelbar über und unter jenem kleinsten ε stehenden, den Gewichtspaaren 20,7/5,7 und 103/52 zugehörigen ε beachtet, dass die Masse 50 g gerade sehr gut, die Masse 20 g gerade sehr wenig geeignet gewesen sei, die Platte in starke Schwingungen zu versetzen. Es ist beachtenswerth, dass diese Thatsache nur bei der Eisenplatte, d. i. bei der zugleich etwas tönenden Unterlage auftritt.

Für die Psychophysik ist das Gesammtresultat obiger Versuche im Wesentlichen ein negatives: es lehrt, dass eine allgemeingiltige Maßformel für die Stärke von Schallreizen, die auf obige Weise hervorgebracht werden, nicht existirt, und dass »jeder psychophysischen Untersuchung eine vorherige empirische Ermittelung der angewandten Schallstärken vorausgehen muss«[1].

II. Versuche zur Prüfung des Weber'schen psychophysischen Gesetzes nach der Methode der Minimaländerungen der Empfindung.

A. Gang und Berechnungsweise der Versuche.

Die mit einander zu vergleichenden, in Zeitintervallen von etwa einer Secunde aufeinanderfolgenden zwei Schalle wurden durch Bleikugeln erzeugt, deren Gewichtsverhältniss entweder 1 war oder zwischen den Grenzen 1 und 2 lag, und welche von entsprechenden Höhen auf die Unterlage (3) fielen. Der jeweils Vergleichende nahm

1) Wundt, Philosophische Studien I, S. 12.

eine bequeme Stellung ein, in der er aber von meinen am Fallapparat ausgeführten Manipulationen, von der Größe der veränderten Fallhöhen und von der Reihenfolge der Schalle, welche in unregelmäßiger Abwechselung bald in der einen, bald in der andern Richtung erfolgte, nichts sehen konnte. Die Entfernung des Ohres von der Schallquelle betrug 1 bis 2 m. Die eine von beiden Kugeln (p) fiel während je einer Versuchsreihe immer von einer und derselben Höhe h und erzeugte einen Schallreiz r, für welchen die Unterschiedsschwelle bestimmt werden sollte. Die andere Kugel p' fiel bei Beginn einer jeden Versuchsreihe von derjenigen Höhe h' herab, bei welcher nach Tab. IX der zugehörige Schall r' gleich dem Schalle r empfunden wurde, und wurde allmälig auf den Werth h'_o vergrößert, bei welchem r' eben stärker erschien als r. Betreffs der Bestimmung von h'_o muss erwähnt werden, dass, wenn h'_o nahezu erreicht war, das Urtheil des jeweils Vergleichenden bei wiederholter Schallfolge schwankte, indem bald $r' > r$, bald $r' = r$ angegeben wurde. Das erstere trat dann zumeist ein, wenn r' auf r folgte, das letztere dann, wenn r' dem r voranging. Dem h' wurden dann noch so lange kleine Zuwüchse ertheilt, bis bei vier bis sechs Schallfolgen das Urtheil immer $r' > r$ lautete. Erst dieses h' wurde als h'_o notirt. — Auf gleiche Weise wurde hierauf durch Herabdrücken von h' der Werth h'_u bestimmt, bei welchem r' eben schwächer als r geschätzt wurde.

Das Verhältniss $\frac{\Delta r}{r}$ zwischen der Unterschiedsschwelle Δr und dem zugehörigen Reize r wurde auf folgende Weise berechnet. Unseren Versuchen zufolge ergaben sich für jedes r zwei Schwellenwerthe, nämlich $\Delta r_o = r_o' - r$ und $\Delta r_u = r - r_u'$. Das Mittel $^1/_2(\Delta r_o + \Delta r_u)$ aus beiden wurde als eigentlicher Schwellenwerth Δr angesehen und mithin

$$\frac{\Delta r}{r} = \frac{1}{2} \cdot \frac{\Delta r_o + \Delta r_u}{r}$$

gesetzt. Um nicht mit den absoluten Werthen, sondern nur mit den Verhältnissen der Fallhöhen zu rechnen, habe ich nicht die Größen Δr_o und Δr_u, sondern die Größen

$$1 + \frac{\Delta r_o}{r} = \frac{r_o'}{r} \text{ und } 1 - \frac{\Delta r_u}{r} = \frac{r_u'}{r}$$

bestimmt nach den Formeln

$$\frac{r_o'}{r} = \frac{p'}{p}\left(\frac{h'_o}{h}\right)^{\varepsilon} = a, \qquad \frac{r_u'}{r} = \frac{p'}{p}\left(\frac{h'u}{h}\right)^{\varepsilon} = b.$$

Dann ist einfach

$$\frac{\Delta r}{r} = \frac{1}{2}(a—b).$$

Bei der ersten und größten Versuchsreihe, welche zugleich über die Anwendbarkeit und praktische Ausführbarkeit des soeben dargelegten Verfahrens ein Urtheil erst ermöglichen sollte, wurden die Schalle von Herrn Merkel verglichen, und die bei Berechnung der a- und b-Werthe zu benützenden ε wurden der folgenden, auf Grund der Tabelle IX und der im vorigen Abschnitt mitgetheilten Erfahrungen entworfenen Maßtabelle entnommen, in welcher in den Horizontalreihen die zu den links angegebenen Höhenpaaren, in den Verticalreihen die zu den oben bemerkten Gewichtspaaren gehörigen ε enthalten sind.

Tab. XIII.

	$\frac{200}{100}$ g	$\frac{100}{50}$ g	$\frac{50}{25}$ g	$\frac{25}{12}$ g	$\frac{12}{8}$ g	$\frac{8}{8}$ g	$\frac{5}{5}$ g	$\frac{1}{1}$ g	$\frac{0,3}{0,3}$ g
$\frac{100}{50}$ cm	1,00	0,98	0,97	0,96	0,92	0,89	0,85	0,82	0,74
$\frac{70}{30}$ cm	0,98	0,96	0,95	0,93	0,86	0,80	0,76	0,74	0,68
$\frac{25}{10}$ cm	0,88	0,86	0,83	0,81	0,78	0,73	0,70	0,66	0,61

B. Resultate der Versuche.

Es sollen zuerst diejenigen der ersten Versuchsreihe ausführlich mitgetheilt werden. Sie sind in der folgenden Tabelle enthalten, welche nach dem Vorausgegangenen keiner weiteren Erklärung bedarf. Hinter jedem a- und b-Werth ist das ε, welches bei seiner Berechnung benutzt wurde, angegeben.

Tab. XIV.

p	p'	h	h'_o	h'_u	a	ε	b	ε	$\frac{a-b}{2}$
100	125	60	74	38	1,53	0,97	0,81	0,96	0,36
50	66	»	78	32	1,49	0,96	0,72	0,96	0,385
25	20	»	110	52	1,45	0,98	0,70	0,96	0,375
20	20	»	92	37	1,51	0,96	0,63	0,94	0,44
12,5	8	»	142	65	1,42	0,92	0,68	0,88	0,37
8	8	»	94	36	1,48	0,88	0,66	0,80	0,41
5,56	5,56	»	96	36	1,49	0,85	0,68	0,76	0,405
1,06	1,06	50	80	30	1.47	0,82	0,69	0,74	0,39
0,3	0,3	»	84	29	1,45	0,72	0,69	0,68	0,38
100	125	20	24	11	1,47	0,88	0,73	0,88	0,37
50	66	»	23	10	1,48	0,84	0,74	0,84	0,37
25	20	»	40	16	1,47	0,88	0,67	0,82	0,40
25	20	»	32	11	1,48	0,84	0,62	0,80	0,43
12,5	8	»	56	20	1,46	0,80	0,64	0,78	0,41
8	8	»	34	10	1,49	0,76	0,61	0,73	0,44
5,56	5,56	»	35	11	1,49	0,72	0,66	0,70	0,415
1,06	1,06	»	37	11	1,52	0,68	0,67	0,66	0,425
0,3	0,3	»	39	10	1,52	0,63	0,65	0,61	0,435

Eine größere Uebereinstimmung der einzelnen Werthe von $\frac{a-b}{2}$ kann mit Rücksicht darauf, dass alle in obiger Tabelle mitgetheilten Versuche innerhalb einer Zeit von drei Stunden ausgeführt wurden, wohl kaum erwartet werden. Dass die der constanten Fallhöhe $h = 20$ cm zugehörigen Werthe etwas größer ausfallen als die der Höhe $h = 60$ cm entsprechenden, erklärt sich aus der Anordnung der Versuche. Denn durch dieselben sind in Wahrheit nicht die eben merklichen, sondern die eben übermerklichen Unterschiede bestimmt worden; die Werthe h'_o mussten infolge unseres Verfahrens sämmtlich etwas zu groß, die Werthe h'_u sämmtlich etwas zu klein ausfallen. Da die absoluten Werthe dieser Höhenfehler bei $h = 20$ denen bei $h = 60$ nahezu gleich sein werden, so ist klar, dass sie bei den kleinen um 20 herum liegenden Höhen einen größeren, sichtbareren Einfluss ausüben müssen als bei den großen, um 60 herum gelegenen Höhen, dass also die Vergrößerung von $\frac{\Delta r}{r}$ im ersten Falle mehr hervortritt als im letzteren.

Das Mittel aus allen $\frac{1}{2}(a-b)$ ist $\frac{7,21}{18} = 0,4055 \ldots$, also ergibt sich für Herrn Merkel die

reciproke Unterschiedsempfindlichkeit $\frac{\Delta r}{r} = \frac{2}{5}$.

Will man aber $\frac{\Delta r_o}{r}$ als reciproke Unterschiedsempfindlichkeit betrachten, so hat man

$$\text{Mittel aller } a \text{ gleich } 1{,}48 = 1 + \frac{\Delta r_o}{r},$$

also die einer Vermehrung des Reizes entsprechende Unterschiedsempfindlichkeit $\frac{\Delta r_o}{r} = 0{,}48$. Dagegen ist das

$$\text{Mittel aller } b \text{ gleich } 0{,}68 = 1 - \frac{\Delta r_u}{r},$$

und die einer Verminderung des Reizes entsprechende Unterschiedsempfindlichkeit $\frac{\Delta r_u}{r} = 0{,}32$.

Die mittlere Schwankung der $^1/_2(a-b)$-Werthe obiger Tabelle um ihr Gesammtmittel ist 0,022889, und ihr Verhältniss zum $^1/_2(a-b)$-Mittel ist gleich

$$\frac{22889}{405556} = 0{,}0564.$$

Bildet man in gleicher Weise die Verhältnisse zwischen den mittleren Schwankungen der von Nörr[1]) in seinen 7 Versuchsreihen gefundenen Empfindlichkeits- oder Präcisionsmaße h um ihre Gesammtmittel und den letzteren, so findet man

bei der Schallstärkedifferenz von	5 Proc.	10 Proc.	20 Proc.
für die nach Fechner's Methode berechneten h:	0,109	0,0826	0,0779
für die nach G. E. Müller's Methode berechneten h:	0,109	0,0831	0,0686

Die relative mittlere Schwankung der h ist daher bei Nörr um so kleiner, je größer der Reizunterschied der mit einander verglichenen Schalle ist; sie ist aber in allen Fällen größer als die relative mittlere Schwankung 0,0564 unserer $^1/_2(a-b)$-Werthe. Dies dürfte dafür sprechen, dass im Gebiet der Schallintensitäten die Methode der eben merklichen Unterschiede derjenigen der richtigen und falschen Fälle vorzuziehen sei.

Nach der soeben mitgetheilten wurden noch vier weitere Ver-

1) Zeitschrift für Biologie, 1879, XV. S. 316, Tab. XII.

suchsreihen ausgeführt, in denen bez. Herr Prof. Wundt (*Wt.*), stud. theol. Hubrig (*H.*), stud. math. Mehner (*Mr.*) und stud. math. Lorenz (*L.*) die Schallstärken verglichen. Für jede Person wurde zuerst die Reizmaßtabelle auf die im vorigen Abschnitt angegebene Weise empirisch ermittelt, und zwar ergab sich:

bei *Wt.*

Tab. XV.

$\frac{P:p}{H:h} =$	$\frac{0{,}66}{0{,}3}$	$\frac{2{,}6}{1{,}06}$	$\frac{5{,}6}{2{,}6}$	$\frac{12{,}5}{5{,}6}$	$\frac{25}{12{,}5}$	$\frac{50}{25}$	$\frac{100}{50}$
$\frac{40}{15}$	0,72	0,75	0,78	0,82	0,86	0,92	0,98
$\frac{100}{30}$	0,78	0,81	0,83	0,86	0,90	0,96	1,15

bei *H.*

Tab. XVI.

$\frac{P:p}{H:h} =$	$\frac{0{,}66}{0{,}3}$	$\frac{2{,}6}{0{,}7}$	$\frac{5{,}6}{2{,}6}$	$\frac{8}{3{,}6}$	$\frac{20}{8}$	$\frac{50}{20}$	$\frac{100}{66}$
$\frac{40}{15}$	0,76	0,82	0,85	0,88	0,90	0,92	0,94
$\frac{100}{30}$	0,82	0,85	0,87	0,89	0,91	0,94	0,96

bei *Mr.*

Tab. XVII.

$\frac{P:p}{H:h} =$	$\frac{0{,}66}{0{,}3}$	$\frac{2{,}6}{1{,}06}$	$\frac{5{,}6}{2{,}6}$	$\frac{8}{5{,}6}$	$\frac{20}{8}$	$\frac{50}{20}$	$\frac{125}{66}$
$\frac{40}{15}$	0,55	0,59	0,62	0,66	0,69	0,72	0,74
$\frac{100}{30}$	0,65	0,70	0,75	0,79	0,85	0,92	0,97

bei *L.*

Tab. XVIII.

$\frac{P:p}{H:h} =$	$\frac{0{,}66}{0{,}3}$	$\frac{2{,}6}{1{,}06}$	$\frac{5{,}6}{2{,}6}$	$\frac{12{,}5}{5{,}6}$	$\frac{25}{12{,}5}$	$\frac{50}{25}$	$\frac{100}{50}$
$\frac{40}{15}$	0,55	0,60	0,63	0,66	0,69	0,72	0,75
$\frac{100}{30}$	0,64	0,67	0,69	0,72	0,75	0,78	0,84

Die darauf zur Bestimmung der eben übermerklichen Reizunterschiede ausgeführten Versuche führten zu den Zahlen:

	p	p'	h	h'_o	h'_u	a	ε	b	ε	$\frac{1}{2}(a-b)$
XIX. *Wt.*	0,3	0,3	40	63	22	1,412	0,76	0,642	0,74	0,385
	1,06	1,06	»	64	23	1,443	0,78	0,657	0,76	0,395
	5,56	5,56	»	62	25	1,445	0,84	0,687	0,80	0,379
	25	20	»	71	28	1,409	0,92	0,585	0,88	0,412
	100	125	»	46	20	1,489	0,96	0,661	0,92	0,414
XX. *H.*	1,6	1,06	40	68	22	1,562	0,84	0,620	0,80	0,471
	3,6	3,6	»	64	21	1,505	0,87	0,578	0,85	0,4635
	8	8	»	62	22	1,484	0,90	0,587	0,89	0,4485
	20	25	»	50	20	1,535	0,92	0,665	0,91	0,435
	100	66	»	90	30	1,438	0,96	0,502	0,95	0,468
XXI. *Mr.*	0,3	0,3	40	85	12	1,632	0,65	0,552	0,54	0,540
	2,6	2,6	»	84	16	1,719	0,73	0,572	0,61	0,5735
	8	8	»	77	17	1,700	0,81	0,565	0,67	0,5675
	20	25	»	56	13	1,686	0,89	0,569	0,70	0,5585
XXII. *L.*	0,3	0,3	40	100	15	1,814	0,65	0,583	0,55	0,6155
	1,06	1,06	»	96	17	1,782	0,66	0,598	0,60	0,592
	5,56	5,56	»	92	19	1,791	0,70	0,620	0,64	0,5855
	20	25	»	64	15	1,795	0,77	0,629	0,70	0,583
	100	125	»	62	16	1,806	0,84	0,629	0,75	0,5885

In jeder Tabelle sind die $\frac{1}{2}(a—b)$-Werthe so gut wie constant. Bei *Mr.* und *L.* erreichen sie eine beträchtliche Größe. Um für jede Person die Reizunterschiede innerhalb des Reizumfanges von Tabelle XIV aufgesucht zu haben, wurden die obigen Versuchsreihen einige Tage später durch die folgenden Versuche ergänzt.

	p	p'	h	h'_o	h'_u	a	ε	b	ε	$\frac{1}{2}(a-b)$
XIX'. *Wt.*	0,3	0,3	20	32	13	1,416	0,74	0,735	0,72	0,345
	100	125	60	70	30	1,458	1,00	0,631	0,98	0,4135
XX'. *H.*	0,3	0,3	20	33	10,5	1,478	0,78	0,613	0,76	0,4325
	100	125	60	73	35	1,495	0,98	0,600	0,96	0,4475
XXI'. *Mr.*	0,3	0,3	20	40	10	1,464	0,56	0,693	0,53	0,3855
	0,3	0,3	40	76	21	1,508	0,64	0,702	0,55	0,403
	1,06	1,06	»	69	22	1,465	0,70	0,699	0,60	0,383
	5,56	5,56	»	69	23	1,513	0,76	0,702	0,64	0,4037
	20	20	»	62	26	1,470	0,88	0,740	0,70	0,365
	100	125	60	70	31	1,454	0,98	0,717	0,80	0,358
XXII'. *L.*	0,3	0,3	20	36	10	1,457	0,64	0,688	0,54	0,3845
	100	125	60	74	29	1,497	0,86	0,699	0,80	0,399

Die $^1/_2(a—b)$-Werthe in XIX′ und XX′ fügen sich ganz gut denen in XIX und XX ein. Bei *Mr.* und *L.* sind sie aber zwar untereinander übereinstimmend, jedoch viel kleiner als in XXI und XXII. Dies schien auf eine bedeutende Uebung in der Unterscheidung der Schallstärken hinzuweisen. Daher ersuchte ich wieder einige Tage später aus der Reihe der letztgenannten Beobachter Herrn Lorenz und außerdem Herrn Merkel noch einmal, in je einer Versuchsreihe die Schallstärken zu vergleichen. Die Resultate sind:

	p	p'	h	h'_o	h'_u	a	ε	b	ε	$^1/_2(a-b)$
XXII″. *L.*	0,3	0,3	20	34	10,5	1,437	0,64	0,688	0,54	0,3745
	1,06	1,06	40	67	23	1,442	0,66	0,717	0,60	0,3625
	5,56	5,56	40	65,5	22	1,412	0,70	0,682	0,64	0,3650
	20	20	40	66	26	1,470	0,77	0,739	0,70	0,3655
	100	125	60	71	28	1,444	0,86	0,679	0,80	0,3825
XIV′. *Ml.*	0,3	0,3	20	34	11,5	1,429	0,63	0,715	0,61	0,357
	1,06	1,06	40	66	24	1,419	0,70	0,707	0,68	0,356
	5,56	5,56	40	62	26	1,420	0,80	0,724	0,75	6,348
	20	20	40	60	27	1,464	0,94	0,708	0,88	0,378
	100	125	60	69	32	1,432	0,97	0,684	0,96	0,374

Der Vergleich der $^1/_2(a—b)$-Werthe dieser Tabellen mit denen in XXII′ und XIV zeigt noch eine Verminderung der ersteren gegen die letzteren; dieselbe ist aber gegenüber den Unterschieden zwischen den Werthen in XXI und XXI′, sowie in XXII und XXII′ nur unbedeutend. Wiederholte Versuche, die aus Mangel an Zeit unterblieben, würden möglicherweise noch eine geringe Verkleinerung von $^1/_2(a—b)$ oder $\frac{\Delta r}{r}$ herbeiführen. In unserer Absicht lag nicht die genaue Bestimmung des absoluten Werthes der Unterschiedsempfindlichkeit, sondern nur die Prüfung bez. Bestätigung des Weber'schen Gesetzes; diese ist in den mitgetheilten Ergebnissen enthalten.

Die Gesammtmittel der a, b und $^1/_2(a—b)$ aus den letzten Tabellen sind

	a	b	$^1/_2(a—b)$
bei *Wt.*	1,439	0,657	0,391
» *H.*	1,499	0,595	0,452
» *Mr.*	1,479	0,709	0,385
» *L.*	1,441	0,701	0,370
» *Ml.*	1,433	0,708	0,363

Renz und Wolf[1]), welche sich bei ihren nach der Methode der richtigen und falschen Fälle ausgeführten Versuchen des Tiktaks einer Uhr bedienten und die Schallstärken durch Variirung des Abstandes zwischen Uhr und Ohr abänderten, unterschieden Schallstärken sicher von einander, wenn sich dieselben verhielten wie 100 : 72 und fanden somit für $\frac{\Delta r}{r}$ den Werth $\frac{100}{72} - 1 = 0{,}389$, welcher mit dem unserigen fast identisch ist. Volkmann und Heidenhain[2]) haben aber schon dann Schallstärken sicher unterschieden, wenn sich die Fallhöhen wie 4 : 3 verhielten, wozu der Werth $\frac{\Delta r}{r} = 0{,}333$ gehört, wenn man die Schallstärke der Fallhöhe proportional setzt. Derselbe ist kleiner als der unsere. Beachtet man aber, dass Fechner bei diesem Höhenverhältniss häufig irrte, und dass die von uns bestimmten Reizunterschiede eben übermerkliche sind, so spricht sich in demselben keine Abweichung von unseren Resultaten aus.

Nimmt man an, dass die Formel $i = p\, h^{\varepsilon}$ auch dann noch zur Vergleichung von Schallstärken verwendet werden darf, wenn die entsprechenden Gewichte und Fallhöhen sehr weit von einander entfernt liegen, so würde sich der Reizumfang, in welchem sich die obigen Versuche bewegen, d. i. das Verhältniss des stärksten zum schwächsten der angewandten Reize r auf die ansehnliche Größe $\frac{100\text{ g}}{0{,}3\text{ g}}\left(\frac{60}{20}\right)^{0{,}8} = 800$ berechnen. Für einen Reizumfang gleich 800 würden somit die obigen Versuche das Weber'sche Gesetz bestätigen.

III. Versuche über die Zeitverhältnisse der Unterscheidung von Schallstärken.

A. Aufgabe, Methode und Technik der Unterscheidungsversuche.

Unter der »Unterscheidungszeit« werde ganz allgemein die Zeit verstanden, welche liegt zwischen dem Augenblicke, wo ein Sinneseindruck in das Bewusstsein eintritt, und demjenigen, wo letzterer oder das ihm entsprechende Object in seiner Individualität so-

1) Archiv für physiologische Heilkunde 1856, S. 185.
2) Fechner's Psychophysik I, S. 178.

eben erkannt worden ist. Es ist klar, dass diese Zeit verschiedene Werthe haben kann; sie wird insbesondere bei bekannten, häufig wiederkehrenden und erwarteten Eindrücken kürzer sein, als bei unerwarteten und solchen, die seltener in's Bewusstsein treten. Experimentelle Untersuchungen über die Dauer von Unterscheidungszeiten werden zunächst unter den einfachsten Bedingungen anzustellen sein und sich nur auf die Unterscheidung bei einfachen, bekannten und erwarteten Objecten von geringer Anzahl zu erstrecken haben. Die bis jetzt in dieser Richtung angestellten Versuche betreffen die Unterscheidung von Farbenempfindungen, von Ton und Geräusch und von Klängen verschiedener Höhe, ferner diejenige der Intensitäten von Tastreizen und endlich der Localisation von zweien entweder dem Gesicht, Gehör oder Getast angehörigen Eindrücken[1]. Auch bei unseren Versuchen handelt es sich um die Unterscheidungszeit unter den denkbar einfachsten Bedingungen, dass nämlich ein momentaner Schalleindruck von einem oder mehreren qualitativ gleichen und nur intensiv verschiedenen momentanen Schalleindrücken unterschieden werden soll, die vorher alle bekannt sind und von denen jeder mit gleicher Wahrscheinlichkeit erwartet werden kann. Sind also zwei Schallstärken gegeben, eine schwächere I und eine stärkere II, so ist unsere erste Aufgabe die, die Zeit zu messen, welche liegt zwischen dem Eindruck eines dieser Schalle und dem Augenblicke, wo man erkannt hat, ob der gehörte Schall der schwächere oder stärkere war, vorausgesetzt, dass man sich vorher darauf gefasst gemacht habe, dass während des Verlaufs der nächsten 5 Secunden einer von beiden und nur von diesen beiden Schallen erfolgen werde. Ferner soll die Zeit bestimmt werden, die unter sonst denselben Umständen bei Erwartung einer von drei oder mehr Schallstärken verfließt.

Die Methode unserer Versuche war die der verlängerten Reactionszeiten. Betreffs der allgemeinen Darstellung derselben und der scharfen Begrenzung der dabei nöthigen Begriffe verweise ich auf die Abhandlung: »Ueber psychologische Methoden« von Prof. W. Wundt[2] und wiederhole hier nur das zum Verständniss unserer Versuche unentbehrlichste. — Wird die Zeit zwischen der Einwirkung

1) Eine Zusammenstellung der Ergebnisse aller dieser Versuche gibt Dr. E. Kraepelin im »Biologischen Centralblatt« Jahrgang I, S. 754.

2) Philosophische Studien I, S. 1 f.

eines momentanen Schalleindrucks und dem Vollzuge einer unmittelbar darauf ausgeführten Reactionsbewegung oder die einfache Reactionszeit mit R, dagegen die zwischen dem Schalleindruck und der erst unmittelbar nach dem Moment der Erkennung seines Intensitätsgrades in gleicher Weise wie vorhin ausgeführten Reactionsbewegung

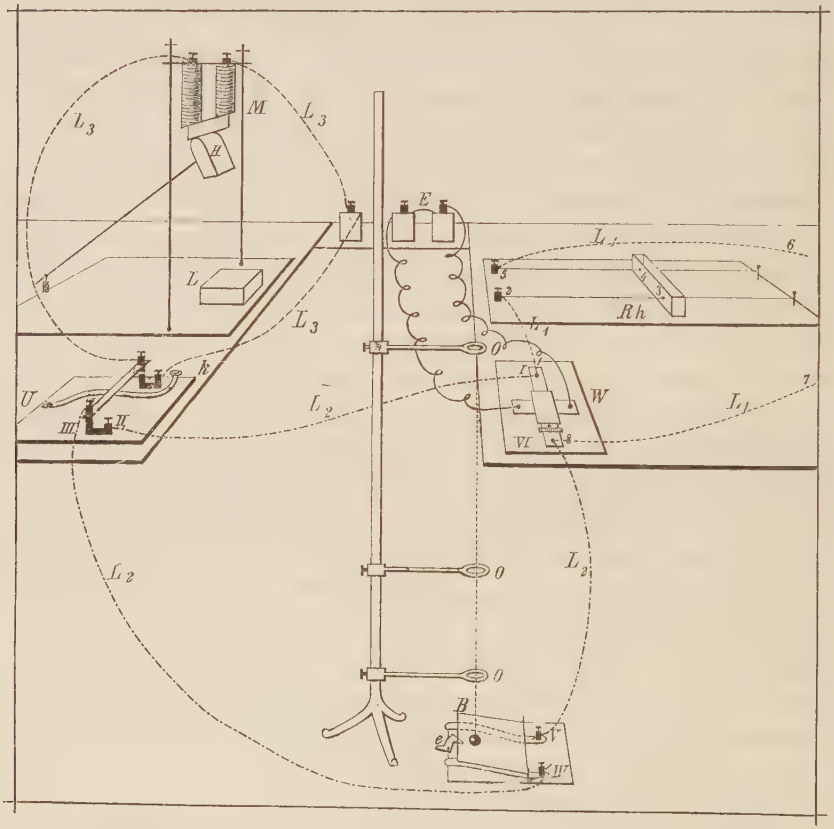

Fig. 1.

liegende Zeit oder die Zeit der Unterscheidungsreaction mit R_u bezeichnet, so wird die Verlängerung von R_u gegen R oder die Differenz $R_u - R = U$ als Unterscheidungszeit betrachtet. — Der Schalleindruck wurde bei unseren Versuchen dadurch hervorgebracht, dass man eine Bleikugel vom Gewichte 20 bis 125 g von einer der senkrecht über dem Hipp'schen Fallbrett B (Figur 1) angebrachten Oesen O her-

abfallen und auf B aufschlagen ließ, welches etwa 1 m vom Ohr des Reagirenden entfernt war. Die Reactionsbewegung bestand in dem möglichst raschen Loslassen des vorher niedergehaltenen, vermöge einer kräftigen Feder aufwärts strebenden Handknopfes k eines Stromunterbrechers U. Zur Messung der Reactionszeiten wurde das Hipp'sche Chronoskop benutzt, dessen elektromagnetische Spirale in die Leitung L_1 des vom Stromwender W ausgehenden und von zwei Daniell'schen Elementen E versorgten Stromkreises 12 .... 78 eingeschaltet worden war. Einen Theil dieser Leitung bildete das Rheochord Rh, dessen variirbarer Widerstand im Verhältniss zu dem Widerstand der Leitung L_2 des von denselben Elementen versorgten Stromkreises I II . . . VI sehr groß gemacht werden konnte. Der Stromwender W hatte den Zweck, einmal während der Zeit, wo nicht gerade ein Versuch vorgenommen wurde, den sonst nirgends unterbrochenen Strom L_1 zu öffnen, dann aber auch, um während der aufeinanderfolgenden Einzelversuche den Elektromagneten des Chronoskops abwechselnd in verschiedener Richtung erregen und die Ausbildung jedes permanenten Magnetismus verhindern zu können. Der Strom L_2 konnte außer bei W noch bei U und B unterbrochen werden. Er war bei U nur geschlossen, wenn der Knopf k bis zur Berührung der beiden Ansätze bei III niedergedrückt wurde, und öffnete sich, sobald dieser Druck der den Knopf k aufwärts treibenden Feder nachgab. Bei B war der Strom geöffnet, so lange das Brett B durch die vermöge einer schwachen Federkraft von unten angepresste schiefe Ebene e in aufgeklappter Stellung erhalten wurde; er schloss sich, sobald durch Aufschlagen der Fallkugel die mit Messing ausgelegte untere Kante von B von e abglitt und durch Contact mit zwei von den Klemmen IV und V ausgehenden, nach oben federnden Messingschienen die leitende Verbindung herstellte, und blieb so lange geschlossen, bis man die jetzt über die obere B-Kante herübergreifende Nase e zurückgeschoben und B wieder aufgeklappt hatte. Dies geschah vor jedem Versuche, und gleichzeitig wurde durch Herabdrücken von k der Schluss bei U hergestellt. E schickte dann durch das Chronoskop einen hinreichend kräftigen Strom, um die Zeiger bei ausgelöstem Uhrwerk zu arretiren. Sobald aber der Schalleindruck erfolgte, wurde die Leitung L_2 bei B geschlossen und dadurch L_1 so geschwächt, dass der Elektromagnet die Zeiger losließ und ihren Um-

lauf gestattete. Derselbe währte genau so lange, bis durch die Reactionsbewegung die Oeffnung von L_2 bei U erfolgt war; dann hielt der wieder angewachsene Strom L_1 die Zeiger wieder fest. — Um zu verhindern, dass bei einer etwaigen verfrühten Reaction der Unterscheidungsact noch nachträglich ausgeführt werden konnte, wurde neben U eine Vorrichtung angebracht, welche den Zweck hatte, unmittelbar nach ausgeführter Reaction einen mit den zu unterscheidenden gleichartigen, aber viel stärkeren Schall auszulösen und so den etwa noch nicht unterschiedenen Schall im Bewusstsein auszulöschen oder doch bis zur Unkenntlichkeit seiner Intensität zu verwischen. Sie bestand in einem Elektromagneten M, welcher während der Zeit, wo der Strom L_3 bei U geschlossen war, den eisernen Fallhammer H in einer zwischen den Grenzen 0 und 20 cm variirbaren Höhe über dem metallenen Unterlager L festhielt und im Augenblick der durch die Reaction bewirkten Stromöffnung herabfallen ließ.

Was Anzahl und Stärke der zu unterscheidenden Schalleindrücke anlangt, so entsprach der schwächste einem Fallgewicht von 20 g und einer Fallhöhe von 10 cm, der stärkste einem Fallgewicht von 125 g und einer Fallhöhe von 60 cm. Schwächere Schalle waren bei unseren Apparaten deshalb nicht mehr verwendbar, weil schon bei dem Fallgewicht 20 g und der Fallhöhe 6 cm der Stromschluss bei B nicht mehr mit ausreichender Präcision erfolgte und ferner die Schallstärke durch das vom Uhrwerk des Chronoskops ausgehende klirrende Geräusch zu sehr gedämpft wurde. Umgekehrt wurde durch Aufschlagen der 125 g schweren Kugel aus einer Höhe von etwa 100 cm die Integrität des Fallbretts B zu sehr gefährdet, und das Aufschlagen geschah so heftig, dass Erschütterungen des Fußbodens mittelst der Fußsohlen deutlich wahrnehmbar waren. Zwischen jene beiden Schallstärken ließen sich aber bloß noch drei andere von gleichmäßiger und hinreichend großer Abstufung einschalten, da bei einer größeren Zahl das Urtheil des Reagirenden über die jeweils empfundene Schallstärke unsicher und häufig falsch war. Demnach konnte die Zahl der zu erwartenden Eindrücke nur auf 5 gesteigert werden. Dieselben seien, vom schwächsten zum stärksten aufsteigend, bez. mit I II III IV V bezeichnet; dann entsprachen ihre Intensitäten den aus folgender Tabelle ersichtlichen Fallgewichten und Fallhöhen in Grammen und Centimetern.

	I	II	III	IV	V
p	20	20	20	50	125
h	10	25	60	60	60

Da laut Tabelle I und II beim Hipp'schen Fallbrett der Schallreizexponent ε von der Einheit nur wenig abweicht, so darf man die hier in Frage kommenden Intensitäten durch die Produkte $p.\ h$ messen. Dieselben entsprechen dann sehr nahe den Gliedern einer geometrischen Reihe, in welcher die Quotienten $\frac{II}{I}\ \frac{III}{II}\ \frac{IV}{III}\ \frac{V}{IV}$ den Werth 2,5 besitzen. Die ihnen zugehörigen Empfindungsintensitäten bilden dann dem Weber'schen Gesetz zufolge eine arithmetische Reihe. Vergleicht man den Quotienten 2,5 mit dem Quotienten $\frac{\Delta r_0 + r}{r} =$ 1,44 der Versuche des zweiten Abschnittes, so findet man, dass der relative Reizunterschied zwischen zwei Nachbarschallen jene obere relative Unterschiedsschwelle 0,44 nur um das $3^1/_2$-fache überschreitet. Da nun bei unseren Unterscheidungsversuchen das Urtheil über die Intensität eines jeweils gehörten Schalles nicht durch Vergleichung mit einem unmittelbar vorangegangenen oder nachfolgenden Schall, sondern nur durch Vergleichung mit den viel blasseren Erinnerungsbildern der übrigen zu erwartenden Schalle geschehen konnte, so hat es nichts auffallendes, dass in den ersten Versuchstagen von den meisten Versuchspersonen häufig genug zwei Nachbarschalle mit einander verwechselt wurden. Nach einiger Uebung fiel indess diese Unsicherheit des Urtheils hinweg, und nur, wenn die Erwartung auf vier oder fünf Schalle gerichtet war, geschah zuweilen noch eine Verwechselung.

Jeder der einzelnen Unterscheidungsversuche verlief nun in folgender Weise. Der die Zeit am Chronoskop Ablesende klappte zuerst das Fallbrett B auf und schloss den Commutator W. Auf ein zugerufenes »jetzt« drückte dann der Reagirende den Knopf k nieder und hob den Fallhammer auf. Darauf setzte der Erstere das Uhrwerk in Gang und ließ 1 bis 5 Secunden später eine Kugel von einer der Oesen O auf B fallen. Vom Moment des Aufschlagens an setzte sich der Uhrzeiger in Bewegung und hielt an, sobald die nach der Unterscheidung ausgeführte Reaction der Versuchsperson erfolgt war. Das

Uhrwerk wurde jetzt angehalten, der Stromwender geöffnet, und die verflossene Zeit R_u abgelesen. Ebenso verliefen die Versuche zur Bestimmung der einfachen Reactionszeiten R, nur wurde bei diesen der Fallhammer nicht in Thätigkeit gesetzt und die Versuchsperson reagirte so schnell wie möglich auf den erfolgten Schallreiz, ohne auf dessen Intensität zu achten.

Zur Bestimmung je eines U-Werthes, d. i. einer Unterscheidungszeit, wurde eine Reihe von 10 bis 16 Versuchen nach dem Schema: 3 einfache Reactionsvers. (R'), 4 bis 10 Unterscheidungsvers. (R_u), 3 einfache Reactionsvers. (R'') angestellt und daraus R, R_u und U in einer Weise berechnet, die aus folgendem Beispiel ersehen werden mag, in welchem die Zahlen Tausendtheile einer Secunde angeben und die neben ihnen stehenden römischen Ziffern die bei dem betreffenden Versuche angewandte Schallstärke bezeichnen.

Versuchsreihe vom 30. Jan. 1882. Reagirender Dr. Trautscholdt.

R'	R_u	R''
95 II	131 II	105 II
125 II	118 I	101 I
105 II	111 III	111 III
	108 I	
	155 II	
	113 III	
Mittel 108,3	123	105,7.

$$R = \tfrac{1}{2}(R' + R'') = 107, \quad U = R_u - R = 123 - 107 = 16.$$

Handelte es sich in einer Versuchsreihe nur um die Unterscheidung von zwei Eindrücken, so wurden als solche immer zwei Nachbarschalle, also entweder I und II, oder II und III, oder III und IV benutzt; handelte es sich um die Unterscheidung zwischen drei Eindrücken, so geschah es entweder zwischen I, II und III oder zwischen II, III und IV. Der relative Unterschied der zu unterscheidenden Schalle war also bei allen Versuchsreihen derselbe, und eine Verkürzung der Zeiten $R_{u(2)}$ gegenüber $R_{u(3)}$, $R_{u(4)}$, $R_{u(5)}$, wo die Indices die Zahl der vor der Reaction erwarteten Eindrücke angeben, kann daher ihren Grund nicht in einer größeren Deutlichkeit des zugehörigen Schallreizunterschiedes haben. Hatte der Reagirende unmittelbar vor Beginn einer Versuchsreihe die Schallbilder nicht mehr deutlich in der Erinnerung, so wurden ihm dieselben erst noch einmal der Reihe nach vorgeführt.

B. Resultate der Unterscheidungsversuche.

Da nur bei den im Winter 1882 ausgeführten Versuchen die soeben geschilderten constanten Bedingungen in aller Strenge eingehalten wurden, während im Sommer 1881 die absoluten und relativen Intensitäten der Unterscheidungsschalle öfter verändert wurden, so mögen hier nur die Resultate der ersteren in einiger Ausführlichkeit, die der letzteren aber nur in ihren Gesammtmitteln mitgetheilt werden. Bei den Sommerversuchen waren als Reagirende betheiligt Herr Prof. Wundt (*Wt.*), Herr stud. math. Thöldte (*Th.*) und ich (*Tr.*) Die Resultate sind in der folgenden Tabelle enthalten, in welcher $R_u(\lambda)$ die Reactionszeit der bei der Unterscheidung zwischen λ erwarteten Schallstärken, R die zugehörige einfache Reactionszeit, und $U(\lambda)$ die entsprechende Unterscheidungszeit bezeichnet. Die Zahlen V bedeuten die mittleren Schwankungen der den einzelnen Versuchsreihen entsprechenden U um ihr Gesammtmittel. Die den Anfangsreihen entsprechenden U sind nicht mit in Rechnung gezogen worden, weil sie wegen Mangel an Uebung beträchtlich länger sind als der Mittelwerth. Nur diejenigen Versuchsreihen, deren U keine regelmäßige Abnahme mehr zeigten, sondern um einen Mittelwerth hin und her schwankten, sind zur Verwerthung gekommen. Einheit der Zeit ist wieder $\frac{1}{1000}$ Sekunde.

	λ	$R_u(\lambda)$	R	$U(\lambda)$	V		
	2	318	164	154	40	Mittel aus 8 Reihen an 5 versch. Tagen.	
Wt.	3	373	166	207	19	3	3
	4	469	159	310	34	5	3
	2	141	104	37	17	16	7
Th.	3	153	128	25	15	8	3
	4	197	116	81	29	13	4
	5	202	124	78	8	4	1
	2	134	117	17	8	18	7
Tr.	3	151	127	24	11	7	2
	4	159	120	39	13	12	3
	5	190	137	53	3	4	1

Die $U(\lambda)$ zeigen bei *Wt.* und *Tr.* ein ziemlich gleichmäßiges Wachsthum, das dem einer gegen die Abscissen- oder λ-Achse convexen Curve entspricht. Bei *Th.* tritt dies nicht zum Vorschein. Hier zeigt sich eine Steigerung bloß dann, wenn man $U_{(2)}$ und $U_{(3)}$, ferner $U_{(4)}$ und $U_{(5)}$ zu je einer Gruppe vereinigt. Sehr auffallend sind

die individuellen Differenzen in den absoluten Werthen der $U(\lambda)$. Allerdings nahm Herr Prof. Wundt nur gelegentlich an den Versuchen Theil; indess erklärt die dadurch bedingte geringere Uebung doch nicht ganz die abweichende Größe seiner Unterscheidungszeiten. Denn bei *Th.* und *Tr.* ergaben sich in den ersten Versuchstagen die Werthe:

	bei *Th.* $U(2)$	*Tr.* $U(2)$	aber bei *Wt.* $U(2)$
am 1. Versuchstage	184 141	155 57	231 232
» 2. »	34	58 46	158 133 158

und die folgenden Tage zeigen keine bemerkenswerthe Abnahme mehr.

Daher wurden im Winter 1882 die Versuche an möglichst vielen Personen ausgeführt. Es betheiligten sich an denselben gelegentlich wieder Herr Prof. Wundt und außerdem die Herren Dr. Trautscholdt (*Tt.*), Oberlehrer Riedel (*Rl.*), stud. math. Merkel (*Ml.*), Oberlehrer Dr. Wolf (*D. Wf.*), Lehrer Wolf (*C. Wf.*), Oberlehrer Besser (*B.*), stud. theol. Hubrig (*H.*) und ich (*Tr.*). Bei einigen wenigen Versuchsreihen reagirten ferner die Herren Dr. Kraepelin (*Kn.*), Kaufmann Schröter (*S.*), cand. math. Estel (*E.*) und stud. math. Kollert (*Kt.*). Die folgenden Tabellen enthalten die Resultate der Versuche der ersten Gruppe von Individuen, und zwar wieder nur von denjenigen Versuchsreihen an, bei denen eine bedeutende successive Abnahme der *U*-Werthe nicht mehr bemerkt wurde und folglich die Uebung ihr Maximum wenigstens nahezu erreicht hatte. Eben deshalb sind hier auch die Ergebnisse der zweiten Gruppe von Versuchspersonen nicht mit aufgenommen worden und werden unter den später mitzutheilenden Werthen der Anfangsreihen ihre Stelle finden. Es sind im Folgenden die Mittelwerthe aus den Versuchsreihen je eines Versuchstages angegeben, und zwar gibt Rubrik *n* die Anzahl der zu je einem Mittel vereinigten Versuchsreihen an. Nur in den wenigen Fällen, wo bloß Versuche von einem Tage vorliegen, sind die Mittel der einzelnen Versuchsreihen angeführt. V_r und V_u geben die mittleren Schwankungen beziehungsweise der einfachen Reactionszeiten und der Unterscheidungsreactionszeiten, und zwar sind dieselben so berechnet worden, dass zuerst die mittleren Variationen der einzelnen Versuchsreihen bestimmt und aus diesen wieder das

Mittel genommen wurde. Was die Schwankungen der einzelnen Versuchsreihenwerthe unter einander anlangt, so genüge die Angabe, dass dieselben den aus den Tabellen ersichtlichen täglichen Schwankungen im allgemeinen gleich waren. Rubrik D enthält das Datum des Versuchstages, R, $R_u(\lambda)$ und $U(\lambda)$ haben die schon früher angegebene Bedeutung, und ihre Zahlen geben Tausendtheile einer Secunde an. Die Reihenfolge der Tabellen ist eine derartige, dass die ihnen entsprechenden $U(\lambda)$ eine zunehmende Reihe bilden.

Tr.

D	R	V_r	$R_u(2)$	V_u	$U(2)$	n
26. I.	88	12	99	9	11	2
4. II.	89	9	95	6	6	4
23. II.	100	6	103	11	3	2
14. III.	113	12	117	13	4	2
			$R_u(3)$		$U(3)$	
30. I.	126	15	142	12	16	3
7. II.	84	9	94	10	10	6
9. II.	91	11	99	12	8	3
10. II.	97	11	104	12	7	5
			$R_u(4)$		$U(4)$	
31. I.	111	11	136	16	25	1
2. II.	106	15	125	14	19	4
4. II.	96	10	109	13	13	3
23. II.	112	9	127	12	15	4
			$R_u(5)$		$U(5)$	
13. II.	110	8	128	16	18	2
14. II.	100	11	136	18	36	3
16. II.	123	8	141	19	18	3
17. II.	97	8	126	18	29	2

Tt.

			$R_u(2)$		$U(2)$	
26. I.	85	9	94	10	9	2
27. I.	92	10	97	8	5	1
4. II.	91	7	101	10	10	3
23. II.	123	10	132	12	9	4
14. III.	94	10	101	10	7	3
			$R_u(3)$		$U(3)$	
27. I.	81	4	94	11	13	2
30. I.	115	9	136	11	21	3
7. II.	94	8	107	8	13	5
9. II.	100	11	115	8	15	4
10. II.	103	12	115	8	12	5

Tt.

D	R	V_r	$R_u(4)$	V_u	$U(4)$	n
31. I.	98	15	118	21	20	2
2. II.	113	10	125	9	12	2
4. II.	96	10	118	18	22	2
23. II.	119	6	144	12	25	4
			$R_u(5)$		$U(5)$	
13. II.	106	7	139	27	33	3
14. II.	119	5	157	20	38	3
16. II.	121	8	149	22	28	3
17. II.	101	10	126	19	25	3

H.

			$R_u(2)$		$U(2)$	
14. III.	112	8	125	15	13	4
15. III.	109	13	114	10	5	2
18. III.	128	10	140	17	12	2
			$R(3)$		$U(3)$	
14. III.	118	7	139	16	21	9
15. III.	108	9	118	17	10	1
18. III.	118	10	138	8	20	2
			$R_u(4)$		$U(4)$	
15. III.	105	8	136	22	31	4
18. III.	125	10	152	18	27	4

Ml.

			$R_u(2)$		$U(2)$	
25. II.	122	16	135	13	13	3
26. II.	113	8	120	10	7	4
12. III.	123	7	133	11	10	2
19. III.	109	9	122	14	13	4
			$R_u(3)$		$U(3)$	
25. II.	113	10	141	10	28	3
26. II.	111	8	132	15	21	5
19. III.	111	13	130	20	19	2

Ml.

D	R	V_r	$R_u(4)$	V_u	$U(4)$	n
25. II.	123	10	156	29	33	5
26. II.	106	11	131	14	25	4
19. III.	112	5	138	21	26	1
			$R_u(5)$		$U(5)$	
12. III.	99	5	156	49	57	1
	116	11	161	17	45	1
	125	2	156	15	31	1
	117	10	157	19	40	1
	118	6	157	32	39	1
	128	6	164	22	36	1
	121	12	164	20	43	1
	115	12	145	25	30	1

D. Wf.

			$R_u(2)$		$U(2)$	
9. II.	108	14	137	14	29	4
4. III.	115	5	158	20	43	4
14. III.	122	30	152	8	30	3
18. III.	112	6	137	18	25	2
			$R_u(3)$		$U(3)$	
18. III.	112	7	180	30	68	1
	105	6	155	23	50	1
	128	10	195	34	67	1
	104	8	153	19	49	1
			$R_u(4)$		$U(4)$	
4. III.	114	5	187	39	73	2
18. III.	107	7	183	32	76	4
			$R_u(5)$		$U(5)$	
14. III.	118	25	216	31	98	1
	125	13	233	57	108	1
	120	22	212	73	92	1
	105	14	180	46	75	1
	109	7	205	15	96	1
	119	7	223	41	104	1

Rl.

			$R_u(2)$		$U(2)$	
15. II.	144	17	196	25	52	4
18. II.	104	9	129	13	25	3
25. II.	123	11	168	23	45	2
26. II.	144	14	221	14	77	2
12. III.	125	22	186	29	61	9
19. III.	116	13	164	23	48	3

Rl.

D	R	V_r	$R_u(3)$	V_u	$U(3)$	n
19. II.	104	13	181	39	77	3
25. II.	113	9	137	11	24	2
26. II.	121	10	176	22	55	4
19. III.	121	14	183	23	62	5
			$R_u(4)$		$U(4)$	
25. II.	127	14	223	30	96	5
26. II.	112	11	172	26	60	4
19. III	105	13	199	22	94	4
			$R_u(5)$		$U(5)$	
12. III.	130	20	259	19	129	1
	132	22	254	23	122	1
	152	20	322	29	170	1
	144	13	283	12	139	1
	134	9	302	17	168	1
	155	23	302	19	147	1
	134	32	271	22	137	1
	121	12	281	20	160	1
	119	13	242	32	123	1
	132	12	248	26	116	1
	111	15	217	50	106	1

C. Wf.

			$R_u(2)$		$U(2)$	
9. II.	111	19	136	19	25	3
14. III.	112	10	135	22	23	4
29. III.	104	9	166	37	62	3
			$R_u(3)$		$U(3)$	
11. II.	118	18	209	45	91	4
19. II.	112	16	217	41	105	4
29. III.	108	10	224	23	116	3
			$R_u(4)$		$U(4)$	
21. II.	118	17	231	42	113	3
29. III.	110	9	256	34	146	3

B.

			$R_u(2)$		$U(2)$	
20. II.	129	14	219	28	90	7
21. II.	151	9	231	32	80	2
29. III.	119	19	164	17	45	3
30. III.	124	11	230	19	106	1

B.

D	*R*	V_r	$R_u(3)$	V_u	$U(3)$	*n*
21. II.	150	9	284	19	134	2
29. III.	120	13	239	25	119	2
30. III.	120	12	299	36	179	1
			$R_u(4)$		$U(4)$	
21. II.	142	7	287	39	145	2
29. III.	110	14	256	18	146	2
30. III.	125	13	339	25	214	1
			$R_u(5)$		$U(5)$	
29. III.	111	11	238	38	127	2
30. III.	117	10	311	39	194	1

Wt.

D	*R*	V_r	$R_u(2)$	V_u	$U(2)$	*n*
9. II.	155	22	289	56	134	3
17. II.	149	12	277	39	128	2
			$R_u(3)$		$U(3)$	
10. II.	133	10	337	31	204	4
16. II.	155	12	360	49	205	3
			$R_u(4)$		$U(4)$	
20. II.	149	10	327	32	178	2
24. II.	136	13	347	16	211	1
25. II.	156	9	362	41	206	2

Bildet man die Gesammtmittel der U_λ) in der Weise, dass man einen Tageswerth *n*-fach zählt, wenn er selbst das Mittel aus *n* Versuchsreihen ist, so erhält man folgende Uebersicht:

	Tr.	*Tt.*	*H.*	*Ml.*	*D. Wf.*	*Rl.*	*C. Wf.*	*B.*	*Wt.*
$U(2) = 6$	8,5	10,75	10,7	33	53	35,3	79,3	131,6	
$U(3) = 10$	14,4	19,9	22,7	58,5	57,8	102,9	137	204,6	
$U(4) = 16,7$	20,8	29	29,1	75	84	129,5	159,2	196	
$U(5) = 25,6$	31	—	40,1	95,5	138	—	149,3	—	

Reducirt man diese Werthe bei jeder Versuchsperson auf die Einheit $U(2)$, so ergibt sich

$U(2) = 1$	1	1	1	1	1	1	1	1	
$U(3) = 1,67$	1,66	1,85	2,12	1,78	1,09	2,91	1,74	1,55	
$U(4) = 2,78$	2,45	2,69	2,72	2,27	1,59	3,67	2,00	1,49	
$U(5) = 4,27$	3,65	—	3,75	2,90	2,60	—	1,88	—	

Die $U(\lambda)$ steigen sämmtlich mit λ rasch an und gleichzeitig nimmt bei den meisten Personen die Steigung mit λ zu. Denn in graphischer Darstellung entsprechen den Verhältnissen der *U* bei den ersten 6 Personen die Curven der Fig. 2 (Seite 34), in denen die $U(\lambda)$ als Ordinaten, die λ als Abscissen verzeichnet sind. Bei *Tr.*, *Tt.* und *Rl.* tritt die Convexität derselben deutlich hervor, bei *Ml.* und *D. Wf.* zeigt sie sich erst bei höheren λ, nur bei *H* findet geradezu Proportionalität statt. Den Verhältnissen von *C. Wf.*, *B.* und *Wt.* würden zwar concave Curven entsprechen; indessen folgt daraus noch kein Widerspruch mit den Resultaten der übrigen Individuen. Denn gerade die Versuche von *C. Wf.*, *B.* und *Wt.* sind an Anzahl gering und vertheilen sich zum

Theil auf sehr weit auseinander liegende Tage, so dass bei ihnen die Constanz der Versuchsbedingungen, welche zur Erlangung gesetzmäßiger Resultate erforderlich ist, nicht in dem Maße vorhanden war

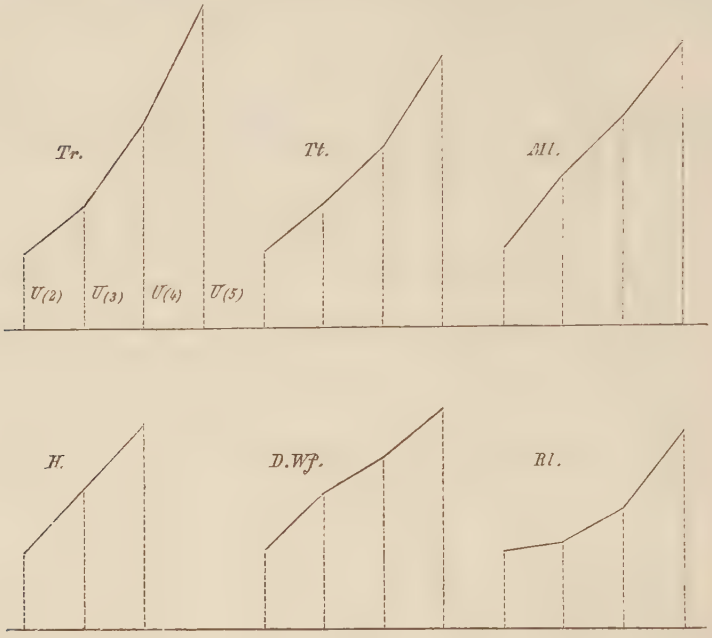

Fig. 2.

wie bei den übrigen Personen; dafür spricht insbesondere auch der Umstand, dass bei *Wt.* und *B.* sogar $U_{(4)} < U_{(3)}$, bez. $U_{(5)} < U_{(4)}$ ist. Beachtet man noch, dass die den Sommerversuchen entsprechenden Curven von *Wt.* und *Tr.* die folgende Gestalt haben (Fig. 3), so darf man als allgemeines Ergebniss unserer Versuche den Satz aussprechen, dass bei der Unterscheidung momentaner und nur intensiv abgestufter Eindrücke nicht nur die Unterscheidungszeiten, sondern auch die Zunahmen oder Differenzen $U_{(\lambda+1)} - U_{(\lambda)}$ derselben mit λ, d. i. mit der Anzahl der zu unterscheidenden Objecte wachsen. Das

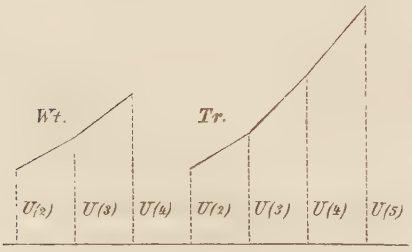

Fig. 3.

ist auch a priori zu erwarten. Denn es wird sich voraussichtlich schon bei einer nicht sehr großen Zahl λ ereignen, dass man die Gesammtheit der Intensitätsunterschiede nicht mehr gleichzeitig und deutlich im Bewusstsein festhalten kann, und dann wird man beim Eintritt eines Eindrucks selbst nach unendlich langer Zeit dessen Stelle in der Reihe aller mit gleicher Wahrscheinlichkeit erwarteten Eindrücke nicht mehr anzugeben vermögen; die Curve der aufeinanderfolgenden Unterscheidungszeiten wird daher eine den Ordinaten parallele Asymptote besitzen. Anders liegt natürlich die Sache bei qualitativ verschiedenen, und insbesondere bei qualitativ verschiedenen Dauereindrücken, z. B. bei einfachen Gesichtsobjecten, wie hinreichend verschiedenen Farbenempfindungen, Zahlen, Buchstaben und anderen einfachen Zeichen; ferner bei Klängen verschiedener Höhe, vorausgesetzt dass die Versuchsperson die Fähigkeit hat, absolute Tonhöhen zu erkennen. Dann wird die Unterscheidung möglich sein, ohne dass das Bewusstsein genöthigt ist, vor jedem Versuche die Zahl aller möglichen Eindrücke in der Vorstellung bereit zu halten, um die durch den Sinneseindruck geweckte Vorstellung mit einer derselben zu vergleichen und zu identificiren. Hier kann umgekehrt die Zahl λ sehr bedeutend vermehrt werden, und von einem bestimmten λ an wird $U_{(\lambda)}$ nur unmerklich zunehmen, d. h. die hierbei entstehende Unterscheidungscurve wird eine horizontale Asymptote erhalten.

Auf die individuellen Unterschiede in den absoluten Werthen der Unterscheidungszeiten werden wir später, bei Abhandlung der Wahlversuche, noch einmal zurückkommen. Hier sei nur darauf aufmerksam gemacht, dass die von der allgemeinen Regel betreffs der Größe des Wachsthums der aufeinanderfolgenden $U_{(\lambda)}$ abweichenden $U_{(\lambda)}$ von *C. Wf.*, *B.* und *Wt.* gerade die größten absoluten Werthe haben. Daraus, dass bei *Wt.* und *B.* sogar $U_{(4)} < U_{(3)}$ bez. $U_{(5)} < U_{(4)}$, darf man vielleicht schließen, dass bei ihnen das Maximum der Uebung in der sicheren Beurtheilung der Schallstärken noch nicht erreicht war. Denkbar ist auch, dass von den Reagirenden mit langen Unterscheidungszeiten bei den einförmigeren $U_{(2)}$- und $U_{(3)}$-Versuchen die Spannung der Aufmerksamkeit nicht im Maximum erhalten und durch intensive, den Reagirenden beschäftigende, wichtige Nebenvorstellungen von der Concentrirung auf die allzu einfache psychische Thätigkeit des Unterscheidens zwischen bloß zwei oder drei Eindrücken

zuweilen etwas abgelenkt worden sein mag [1]), dass aber durch Complicirung der Bedingungen, unter denen reagirt werden sollte, die Aufmerksamkeit mehr gefesselt und dadurch das Steigen der Unterscheidungszeiten compensirt werden konnte. Damit hängt es vielleicht auch zusammen, dass bei Herrn Prof. Wundt die mittleren Schwankungen V_u bei den $R_{u(2)}$-Versuchen am größten, bei $R_{u(3)}$ kleiner und bei $R_{u(4)}$ am kleinsten sind, und dass bei Herrn Besser die Werthe $V_{u(2)}$, $V_{u(3)}$ und $V_{u(4)}$ kaum von einander abweichen. Dasselbe gilt von den $V_{u(3)}$ und $V_{u(4)}$ des Herrn C. Wolf, während bei allen übrigen Reagirenden die Reihe von Ungleichungen $V_{u(2)} < V_{u(3)} < V_{u(4)} < V_{u(5)}$ deutlich hervortritt.

Dass das Verhältniss $\frac{U_{(3)}}{U_{(4)}}$ der Curve *Ml.* verhältnissmäßig groß und umgekehrt bei *Rl.* sehr klein ist, weist auf individuelle Unterschiede hin hinsichtlich der Art und Weise, mehrere Einzelvorstellungen zu Gesammtgruppen zu vereinigen. Bei *Ml.* schließt die Forderung, gleichzeitig auf drei Eindrücke gefasst zu sein, gegenüber der einfachen Alternative zwischen nur zwei Eindrücken eine größere Complicirung ein, als wenn zu drei Eindrücken noch ein vierter hinzugefügt wird. Dasselbe ist bei *D. Wf.*, *C. Wf.*, *B.* und *Wt.* zu bemerken. Bei *Rl.* ist dieses Verhältniss umgekehrt, und zwar deshalb, weil Herr Riedel nach eigener Aussage in den Fällen, wo es sich um die Unterscheidung dreier Schallstärken handelte, vor jedem Versuche insbesondere den mittleren Schall im Bewusstsein bereit hielt, um damit den gehörten als den schwächeren, gleichen oder stärkeren zu vergleichen und zu erkennen. Die hierbei ausgeführte Unterscheidung war daher von der zwischen zwei Eindrücken nicht sehr verschieden.

Um eine Uebersicht über die Größe und Geschwindigkeit der Uebung zu geben, sind im Folgenden für jeden Reagirenden die aus den drei ersten Versuchsreihen folgenden Unterscheidungszeiten angegeben. n bedeutet die Zahl der Versuchsreihen, nach welchen die Uebung nicht mehr oder nur sehr langsam zunahm.

---

1) In der That waren bei *Wt.* und *B.* die Bedingungen hierzu gegeben, da Herr Prof. Wundt immer unmittelbar nach gehaltener Vorlesung reagirte, Herr Besser aber an seinen Versuchstagen nur auf der Durchreise durch Leipzig begriffen war.

	Rl.	*Ml.*	*B.*	*C. Wf.*	*D. Wf.*	*H.*
$U_{(2)} =$	94	137	137	145	218	232
	48	77	100	168	110	67
	52	72	119	143	101	32
$n =$	1	10	4	6	6	6

Bei *Wt.*, *Tt.* und *Tr.* zeigten im Wintersemester nicht die Mittelwerthe aus den ersten Reihen, sondern nur die 1 bis 4 ersten Einzelversuche eine außergewöhnliche Länge. Dagegen verhielten sich im Sommer die ersten Versuchsreihen gerade so wie die der obigen Beobachter, nämlich:

bei	*Wt.*	*Tt.*	*Tr.*
$U_{(2)} =$	231	144	155
	232	57	57
	158	45	58

Hierher gehören auch die Zahlen der Herren Dr. Kraepelin (*Kn.*), Kaufmann Schröter (*S.*), stud. math. Kollert (*Kt.*) und Estel (*E.*). Dieselben sind

für *E.* bei zwei Versuchsreihen:				*R*	$R_{u(2)}$	$U_{(2)}$		
				157	243	86		
				118	240	122		
für *Kt.*	–	–	–	182	300	118		
				142	191	49		
							$R_{u(3)}$	$U_{(3)}$
für *S.*	–	–	–	123	276	153	283	160,

endlich für *Kn.* an drei Versuchstagen:

D.	*R.*	$R_{u(2)}$	$U_{(2)}$	*n*	*D.*	*R.*	$R_{u(4)}$	$U_{(4)}$	*n*
7. III.	177	333	156	1	14. III.	120	178	58	4
11. III.	142	199	57	7					
14. III.	114	151	37	3			$R_{u(5)}$	$U_{(4)}$	
		$R_{u(3)}$	$U_{(3)}$		14. III.	117	218	101	1
14. III.	112	175	63	2					

Es mag hierbei erwähnt werden, dass bei unseren Winterversuchen alle Ursachen, welche die Aufmerksamkeit der Reagirenden ablenken konnten, sorgfältig vermieden wurden. Dass dies durchaus nothwendig war, bezeugte Herr Dr. Kraepelin in eclatanter Weise. Derselbe hatte nämlich am 14. III soeben in zwei Versuchsreihen bei dreifacher Unterscheidung die Werthe

R	$R_{u(3)}$	$U_{(3)}$
110	172	62
114	178	64

geliefert, als ein ihm unbekannter Herr in's Laboratorium eintrat. Von diesem Augenblicke an ergaben die unmittelbar darauffolgenden Einzelversuche die $R_{u(3)}$-Werthe 332 252 203 213 259, und die sich daran anschließenden einfachen Reactionszeiten 106 143 132, insgesammt also die Zahlen R=127, $R_{u(3)}$=252, $U_{(3)}$=125. Ein anderes Mal, am 15. III., hatte derselbe bei Beginn einer Versuchsreihe mit Wahlreactionen soeben die drei einfachen Reactionszeiten 109 118 124 geliefert, als dieselben wieder in Folge einer zufälligen Störung auf die Werthe: 149 145 208 203 182 177 stiegen.

Schließlich sei den einfachen Reactionszeiten noch ein Wort gewidmet. Bezeichnet $R_{(\lambda)}$ das Mittel aller einfachen Reactionszeiten der Versuchsreihen zur Bestimmung von $U_{(\lambda)}$, so ergibt sich folgende Tabelle:

	Tr.	*Tt.*	*H.*	*Ml.*	*D. Wf.*	*Rl.*	*C. Wf.*	*B.*	*Wt.*
$R_{(2)}$ =	96	100,7	115	115,4	114	126	109,3	129,7	152
$R_{(3)}$ =	96	99,6	117	111,6	113	116,2	113	132	149,4
$R_{(4)}$ =	106	109	115	115	109,3	115,6	114	125,8	149
$R_{(5)}$ =	108,3	111,7	—	117,4	116	133	—	113	—

Diese Zahlen stimmen mit Ausnahme derjenigen von *Tr.* und *Tt.* überein mit den von verschiedenen Forschern gefundenen einfachen Reactionszeiten bei Schallreizen; denn es fanden beispielsweise

	Buccola	Kries	Exner	Hankel
die Zeiten	115	120	136	150,5.

Die Kürze der Reactionszeiten bei *Tt.* und *Tr.* ist in der hohen Spannung der Aufmerksamkeit begründet, mit der von Dr. Trautscholdt die Reactionsversuche ausgeführt wurden, und mit der ich sie auszuführen gezwungen war, weil ich beim geringsten Nachlassen derselben auch immer schon die Intensität des Schalleindrucks appercipirt hatte, ehe die einfache Reaction ausgeführt war. Denn da ich schon im Sommer bei allen Versuchen zugegen gewesen war, und ebenso im Winter bei allen außer den an mir ausgeführten Versuchen das Fallbrett bediente oder die Zeit ablas, so hatten sich mir die Intensitäten und individuellen Eigenthümlichkeiten der zu unterscheidenden Schalle so eingeprägt, dass nach meinem subjectiven Gefühle momentan mit der Apperception des Schalleindrucks auch die seiner Intensität erfolgte. Da auch *Tt.* schon im Sommer an einigen Versuchen theilgenommen, im Winter aber vor den Zeitmessversuchen

bei Vergleichungsversuchen (Abschn. I.) die Unterscheidungsfähigkeit geübt hatte, so darf es nicht Wunder nehmen, dass eines Tages, am 2. II., seine erste Versuchsreihe folgenden Verlauf nehmen

$R' = 134$	137	140						
$R_u(_4) = 119$	106	121	103	129	116	111	106	
$R'' = 125$	123	121,						

und eine negative Unterscheidungszeit $U(_4)$ liefern konnte. Solche Reihen, deren übrigens nur vier, zwei bei *Tt.* und zwei bei *Tr.* vorkamen, wurden natürlich nicht mit verrechnet. Sie mahnten aber daran, bei den einfachen Reactionen nicht auszuruhen, sondern die Aufmerksamkeit möglichst gespannt zu erhalten. Weil auch Herr Hubrig die Intensitäten mit großer Leichtigkeit unterschied, so ist es begreiflich, dass seiner wiederholten Aussage zufolge für ihn die einfachen Reactionsversuche viel anstrengender waren als die Unterscheidungsversuche, wenn die einfache Reaction jedesmal schon vor bereits erfolgter Unterscheidung beendet sein sollte.

C. Die Wahlversuche.

Bei den Wahlversuchen handelt es sich um die Ermittelung der Zeit, welche verfließt, während man von zwei Reactionsweisen, auf die man gleichmäßig vorbereitet ist, nach Apperception eines von zwei Sinneseindrücken, welche mit gleicher Wahrscheinlichkeit zu erwarten waren und von denen nach Uebereinkommen der eine diese, der andere jene Reactionsweise befiehlt, die eine auswählt. Speciell zum Zwecke der Bestimmung dieser Zeit sind Versuche zum ersten Male im Anschluss an die Unterscheidungsversuche bei Farbenempfindungen von Dr. M. Friedrich[1]) im Winter 1880 ausgeführt worden, und nach unseren Unterscheidungsversuchen im Sommer 1881 wurden sie wiederholt. Sie zerfallen in zwei Gruppen. Bei der einen handelte es sich um die Wahlzeit (W_1) zwischen Bewegung und Ruhe. Es wurde bei ihrer Ausführung festgesetzt, dass die Reaction nur auf den schwächeren von zwei zu erwartenden Schallen erfolgen, auf den stärkeren aber unterbleiben sollte. Bei der zweiten Gruppe handelte es sich um die Wahlzeit (W_2) zwischen zwei zu einander symmetrischen Bewegungen, nämlich zwischen den Reactionen mit der rechten oder

1) Wundt's »Philosophische Studien« I, S. 39 f.

linken Hand. Nennt man die Dauer einer solchen Wahlreaction kurz R_w [1]), so wird unter R_w—R_u die Wahlzeit verstanden. Demnach wären zu ihrer Bestimmung nur R_u- und R_w-Versuche nöthig. Um aber gleichzeitig auch bei diesen Versuchen die ihnen eigenthümlichen Unterscheidungszeiten zu gewinnen, wurden sie nach folgendem Schema ausgeführt:

3 einfache Reactionen R (Mittelwerth R')
3 Vers. $R_u(2)$ . . . . . (- R'_u)
4 bis 8 Vers. R_w . . . . (- R_w)
3 Vers. $R_u(2)$ . . . . . (- R''_u)
3 Vers. R . . . . . (- R''),

oder kurz, nach dem Schema, R' R'_u R_w R''_u R''. Alsdann wurden $R = \frac{R' + R''}{2}$ und $R_u = \frac{R'_u + R''_u}{2}$ gesetzt und daraus die Zeiten $U(2) = R_u - R$, $W = R_w - R_u$ berechnet. Noch sei erwähnt, dass bei Wahlversuchen zwischen rechter und linker Hand, welche kurz W_2-Versuche heißen sollen, R' und R'_u mit der einen, R''_u und R'' mit der anderen Hand ausgeführt wurden, um beide Hände in gleichmäßiger Uebung zu erhalten [2]).

Die Sommerversuche ergaben bei vier Reagirenden die folgenden Gesammtmittel:

a. Bei der Wahl zwischen Bewegung und Ruhe. (W_1-Versuche.)

	R	R_u	R_{w1}	U	W_1	Mittel aus n Versuchsreihen	an m Tagen
Wt.	157	392	459	235	67	2	2
Th.	112	145	324	37	179	6	2
Tr.	103	138	316	35	178	6	2
Tt.	118	136	361	18	225	6	2

b. Bei der Wahl zwischen rechter und linker Hand. (W_2-Versuche.)

		R_{w2}			W_2		
Wt.	146	329	362	183	33	2	2
Th.	102	149	268	47	119	6	2
Tr.	110	149	281	39	132	5	2.

Dass die Zeiten W_1 bei sämmtlichen Reagirenden länger sind

1) Da diese Reactionszeit auch eine Unterscheidungszeit einschließt, so ist die Bezeichnung $R_{u\,w}$ richtiger; nur der Kürze wegen soll hier R_w gebraucht werden.

2) Ein Unterschied zwischen den Reactionszeiten mit der rechten und mit der linken Hand hat sich, abgesehen von den 4 bis 10 ersten Zeiten der linken Hand, nicht gezeigt.

als die Zeiten W_2, ist vielleicht in dem Umstande begründet, dass die W_1-Versuche den W_2-Versuchen zeitlich vorausgingen und die bei den ersteren erworbene Uebung den letzteren zu Gute kam. Wichtiger sind hier die individuellen Differenzen in den W-Zeiten; dieselben sind nämlich den Unterschieden in den U-Zeiten reciprok, d. h. je länger bei einer Person die Unterscheidungszeit ist, um so kürzer fällt die Wahlzeit aus, und umgekehrt. Dieser hier nur aus wenigen Versuchen entnommenen Erfahrung noch näher nachzuforschen, war die Veranlassung dazu, dass auch im Winter 1882 die Wahlversuche wiederholt und auf möglichst viele Personen ausgedehnt wurden. Hier die Tabellen mit den täglichen Mitteln dieser Versuche.

a. W_1-Versuche.

	D	R	V_r	R_u	V_u	R_{w1}	V_w	U	W	n
Wt.	24. II.	137	11	251	29	303	21	114	52	1
B.	21. II.	149	18	300	31	365	68	151	65	3
	29. III.	127	11	223	24	312	80	96	89	1
C. Wf.	19. II.	103	2	199	49	314	88	96	115	1
	29. III.	109	15	247	33	324	39	138	117	3
D. Wf.	18. III.	107	8	156	28	294	49	49	138	4
Rl.	18. II.	124	19	187	36	261	37	63	74	2
	11. III.	117	15	213	22	329	23	96	116	12
	19. III.	109	18	180	27	294	16	71	114	1
Ml.	11. III.	137	13	169	18	301	35	32	132	11
	19. III.	113	12	134	30	299	25	21	165	1
H.	11. III.	107	16	141	23	295	48	34	154	8
Tt.	24. II.	124	12	139	13	317	20	15	178	2
	25. II.	126	10	137	13	328	30	11	191	3
	9. III.	112	7	120	11	281	43	8	161	4
	11. III.	112	11	127	14	244	15	5	127	1
Tr.	24. II.	113	10	128	12	307	65	15	179	3
	25. II.	107	13	126	12	326	56	19	200	3
	9. III.	121	12	146	17	312	57	25	166	5

b. W_2-Versuche.

	D	R	V_r	R_u	V_u	R_{w2}	V_w	U	W_2	n
Wt.	27. II.	158	21	355	45	364	29	197	9	2
	11. III.	143	13	326	25	380	64	183	54	2
	15. III.	124	8	290	39	326	34	166	36	2
B.	29. III.	130	10	241	29	318	40	111	77	3
	30. III.	124	2	235	24	312	37	111	77	2
C. Wf.	4. III.	115	13	210	29	287	24	95	77	4
	29. III.	110	13	235	23	304	44	125	69	3
D. Wf.	4. III.	130	12	201	51	300	42	71	99	4
	13. III.	107	24	148	22	306	44	41	158	5
Rl.	4. III.	141	17	200	39	281	28	59	81	4
	5. III.	126	12	215	28	336	25	89	121	5
	31. III.	122	14	206	21	324	38	84	118	6
Ml.	5. III.	136	12	154	26	335	62	18	181	3
	9. III.	114	17	153	40	340	69	39	187	1
	30. III.	114	10	147	15	310	43	33	163	7
H.	4. III.	114	10	141	23	320	49	27	179	2
Tt.	27. II.	125	13	136	13	295	43	11	159	3
	28. II.	115	8	129	15	329	52	14	200	4
	3. III.	115	8	134	13	297	37	19	163	7
	7. III.	104	16	118	15	288	31	14	170	1
Tr.	27. II.	111	10	140	23	319	28	29	179	2
	28. II.	117	12	135	15	325	24	18	190	4
	3. III.	118	10	142	12	307	34	24	165	4
	7. III.	111	12	140	13	314	23	29	174	1

Stellt man die Gesammtmittel der Wahlzeiten der einzelnen Personen, von der kleinsten zur größten aufsteigend, nebeneinander, so erhält man die Reihenfolge

a. für die W_1-Zeiten.

	Wt.	*B.*	*C. Wf.*	*Rl.*	*Ml.*	*D. Wf.*	*H.*	*Tt.*	*Tr.*
$W_1 =$	52	71	86,5	110,3	134,5	138	154	170	178,8

Die gleichzeitig gewonnenen Unterscheidungszeiten sind:

$U_{(2)} =$	114	137	127,5	90	31	49	34	10	20,6.

b. für die W_2-Zeiten.

	Wt.	*C. Wf.*	*B.*	*Rl.*	*D. Wf.*	*Ml.*	*Tt.*	*Tr.*	*H.*
$W_2 =$	33	74	77	109	131,8	170	172,5	177,5	179
$U_{(2)} =$	182	106	111	79	54,3	29,5	15,7	23,2	27.

Die Zeiten W_1 und W_2 weichen nur wenig von einander ab; bei

einigen ist $W_1 > W_2$, bei anderen $W_2 > W_1$. Es wird daher erlaubt sein, nach der Größe der Mittelwerthe $\frac{W_1 + W_2}{2}$ zu ordnen. Dies gibt:

	Wt.	*B.*	*C.Wf.*	*Rl.*	*D.Wf.*	*Ml.*	*H.*	*Tt.*	*Tr.*
$W =$	42,5	74	80	109,5	135	152	166,5	171	178
$U_{(2)} =$	148	124	117	84,5	52	30	30,5	13	22.

Das ist genau die Umkehrung derjenigen Reihenfolge, die nach den Gesammtmitteln $\frac{U_{(2)} + U_{(3)} + \cdot\cdot U_{(\lambda)}}{\lambda - 1}$ der bei den reinen, durch keine eingeschobenen Wahlversuche gestörten Unterscheidungsversuchen gewonnenen Unterscheidungszeiten geordnet ist. Denn jene Mittel sind:

bei *Wt.*	*B.*	*C.Wf.*	*Rl.*	*D.Wf.*	*Ml.*	*H.*	*Tt.*	*Tr.*
177,5	131	89	83	65	26	20	18,7	14,6.

Dieser merkwürdige Befund, dass die individuellen Unterschiede in den Wahlzeiten denjenigen in den Unterscheidungszeiten gerade entgegenlaufen, weist auf eine Art psychischer Constanten hin, in welcher sich die beiden psychischen Processe, Unterscheidung und Wahl, zu einer Einheit vereinigen und dadurch die im einzelnen so großen individuellen Unterschiede ausgleichen. In der That, bildet man für jede Person die Summe aus der Wahlzeit und der gleichzeitig gefundenen Unterscheidungszeit, so erhält man die Werthe:

Wt.	*B.*	*C.Wf.*	*Rl.*	*D.Wf.*	*Ml.*	*H.*	*Tt.*	*Tr.*
190,5	198	197	194	187	182	197	184	200,

deren gegenseitige Unterschiede in Anbetracht der Natur der Versuche völlig verschwinden.

Während also diejenigen psychischen Vorgänge, welche bez. während der Zeiträume $R_w - R_u$ und $R_u - R$ ablaufen, bei verschiedenen Individuen sehr verschiedene Dauer aufweisen, ist die Summe beider, oder, was dasselbe ist, der sich in der Zeit $R_w - R$ vollziehende Act bei den verschiedenen Personen in nahezu derselben Zeit beendet gewesen. Dies erkennt man unmittelbarer als oben schon aus der Vergleichung der den verschiedenen Reagirenden zugehörigen R_w-Zeiten. So ist

bei *Wt.*	*B.*	*C.Wf.*	*Rl.*	*D.Wf.*	*Ml.*	*H.*	*Tt.*	*Tr.*
$R_{w2} =$ 357	315,6	293	316,5	303	319	320	304,5	316,5
dazu $R =$ 142	127,6	113	128,5	217	120	114	116,5	115,5.
also $R_{w2} - R =$ 215	188	180	188	186	199	206	188	201,

welche Zahlen wieder nur geringe Unterschiede zeigen. Die drei entsprechenden Zahlenreihen bei den W_1-Versuchen sind:

bei	*Wt.*	*B.*	*C.Wf.*	*Rl.*	*D.Wf.*	*Ml.*	*H.*	*Tt.*	*Tr.*
R_{w1} =	303	351,5	321	317	294	301	295	298	314
dazu R =	137	143,5	107	117	107	135	107	118	115
also $R_{w1}-R$ =	166	208	214	200	187	166	188	180	199.

Die Constanz der Glieder dieser Reihe wird durch die kleinen Zahlen von *Wt.* und *Ml.* etwas durchbrochen. Indessen muss hervorgehoben werden, dass für *Wt.* nur eine W_1-Reihe existirt, und dass bei *Ml.* die kleine Zahl 166 durch die außergewöhnlich langen einfachen Reactionszeiten bedingt ist, welche gerade bei dessen W_1-Versuchen am 11. III. zum Vorschein kamen. Während nämlich *Ml.* bei den Versuchen zur Bestimmung von

$U_{(2)}$	$U_{(3)}$	$U_{(4)}$	$U_{(5)}$	W_2 bez. die R-Werthe
115,4	111,6	115	117,4	120

lieferte, hat die einfache Reactionszeit der W_1-Versuche den Werth 135. Die W_1-Reihe vom 19. III. ergab wieder die normale einfache Reactionszeit 113, dazu R_{w1} = 299, mithin $R_{w1}-R$ = 186, welcher Werth sich vollständig unter die anderen $(R_{w1}-R_w)$-Zahlen einreiht.

Man wird daher aus unseren Versuchen den Schluss ziehen dürfen, dass Unterscheidungsact und Wahlact sich hinsichtlich der Dauer ihres Verlaufs wie die Complemente eines Gesammtactes verhalten, welcher bei verschiedenen Personen in derselben Zeit ablaufen kann, während die Complemente, einzeln genommen, große individuelle Schwankungen zeigen.

Dass von zwei Reagirenden A und B A eine längere Wahlzeit haben kann als B, wenn B eine längere Unterscheidungszeit besitzt als A, ist nicht schwer zu verstehen. Der während einer Wahlreaction R_w ablaufende psychische Prozess setzt sich aus dreierlei zusammen: aus dem Act der Unterscheidung, dem Act der Auswahl der Reactionsbewegung und aus der Willenserregung zur Auslösung dieser Bewegung. Der Willensimpuls ist zwar auch bei den einfachen Reactionen nothwendig, kann sich aber hier mehr einem reflectorischen Vorgang nähern als bei den Wahlreactionen. Bei A ist der Unterscheidungsact nach kurzer Zeit vollzogen und zeitlich scharf begrenzt; daran reiht sich die Auswahl und an diese die Willenserregung. Alle drei Acte, insbesondere der erste und zweite, verlaufen hier in getrennten Zeiträumen nacheinander. Bei B aber

macht sich nach erfolgtem Eindruck betreffs der Unterscheidung ein Stadium der Ungewissheit geltend, bei dessen Beginne *B* in seiner Schätzung der Schallstärke zwar schon dem richtigen Urtheile zuneigt, aber noch nicht mit der vollständigen Sicherheit, die erst am Ende dieses Stadiums eingetreten ist. Seine längere Unterscheidungszeit schließt dieses Stadium mit in sich ein. Was nun die Auswahl und den Willensimpuls anlangt, so können beide schon während des Stadiums der Ungewissheit zwar nicht definitiv beginnen, sich aber doch vorbereiten und nach vollständig sicherer Unterscheidung mit größerer Leichtigkeit als bei *A* vollziehen. Bei *B* fließen Ende des Unterscheidungsactes und Anfang des Wahlactes zeitlich in einander über. Dieser Auffassung entspricht auch der Umstand, dass bei den Personen mit kurzer Unterscheidungszeit und langer Wahlzeit die Schwankungen V_u der Unterscheidungsreactionen viel geringer sind als die Schwankungen V_w der Wahlreactionen, dass aber die V_u und V_w der Personen mit kürzeren Wahlzeiten und längeren Unterscheidungszeiten nur geringe Differenzen zeigen, ja dass bei *Wt.*, *Rl.* und *D. Wf.* nicht selten $V_w < V_u$ ist.

Was die Constanz der Summe $U + W$ anlangt, so lehrt dieselbe, dass Apperception und Wille nicht bloß insofern innig miteinander verknüpft sind, als der Wille jeder activen Apperception vorangeht, sondern auch insofern, als eine appercipirte Vorstellung auf den Willen zurückwirkt und ihn anregt.

Zum Schluss dieser Abhandlung sei noch erwähnt, dass auch die Wahlversuche das allgemeine Ergebniss der Unterscheidungsversuche, nämlich die Verzögerung des Ablaufs der apperceptiven Thätigkeit durch Häufung der gleichzeitig im Bewusstsein festzuhaltenden oder aus irgend welchen Gründen in demselben vorhandenen Vorstellungen bestätigen. Der Kürze wegen will ich dies nur aus den zahlreicheren W_2-Versuchen nachweisen. Während nämlich diejenigen Versuchsreihen, welche bloß aus einfachen und Unterscheidungsreactionen bestanden, für $U_{(2)}$ die folgenden Werthe ergaben:

für	*Tr.*	*Tt.*	*Ml.*	*H.*	*D. Wf.*	*C. Wf.*	*Rl.*	*B.*	*Wt.*
$U_{(2)} =$	6	8,5	10,7	10,75	33	35,3	53	79,3	131,6,

sind die $U_{(2)}$ derjenigen Versuchsreihen, in welche Wahlreactionen eingeschaltet wurden, sämmtlich um das Doppelte bis Dreifache länger, und zwar

für	*Tr.*	*Tt.*	*Ml.*	*H.*	*D.Wf.*	*D.Wf.*	*Rl.*	*B.*	*Wt.*
$U_{(2)} =$	23,2	15,7	29,5	27	54,3	106	79	111	182.

Wie schon erwähnt, setzte sich im allgemeinen jede *W*-Reihe aus 5 Versuchsgruppen zusammen, welche nach der Seite 40 angegebenen Bezeichnung bez. die Zeiten $R'\ R'_u\ R_w\ R''_u\ R''$ lieferten, woraus die $U_{(2)}$ nach der Formel $U_{(2)} = \frac{(R'_u + R''_u) - (R' + R'')}{2}$ berechnet wurden. Vergleicht man die R'_u mit den R''_u und die R' mit den R'', so findet man, dass sich die durch die *W*-Versuche bedingte Verlängerung von $U_{(2)}$ bei *Tt.* und *Tr.* gleichmäßig auf R'_u und R''_u vertheilt, während bei allen übrigen Reagirenden die R''_u beträchtlich länger sind als die R'_u, die R' und R'' aber nur unbedeutende Differenzen zeigen. Denn es ist

bei	*H.*	*D. Wf.*	*Wt.*	*Ml.*	*Rl.*	*C. Wf.*	*B.*	*Tr.*	*Tt.*
Mittel aller	$R'_u =$ 114	160	309	136	190	217	229	136	136
- -	$R''_u =$ 280	249	338	163	216	240	248	142	128
Differenz	$R''_u - R'_u =$ 166	89	29	27	26	23	19	6	—8
Dagegen ist das Mittel aller									
	$R' =$ 103	127	140	114	125	109	125	116	118
	$R'' =$ 119	142	144	118	127	108	129	115	114
Differenz	$R'' - R' =$ 16	15	4	4	2	—1	4	—1	—4

Diese Verlängerung von R''_u gegen R'_u tritt in deutlicher Weise nur in denjenigen Versuchsreihen auf, in welchen die Aufeinanderfolge der einzelnen Versuchsgruppen diese ist: $R'\ R'_u\ R_w\ R''_u\ R''$. Bei den Personen, welche eine auffallende Verlängerung zeigten, habe ich in einigen Reihen an Stelle der obigen die Anordnung $R'\ R'_u\ R_w\ R''\ R''_u$ eingehalten und gefunden

bei	*H.*	*D. Wf.*	*C. Wf.*	*Rl.*	*Ml.*
$R'_u =$	155	182	197	203	164
$R''_u =$	125	194	211	222	158
$R''_u - R'_u =$	—30	12	14	19	—6
$R' =$	114	113	123	124	131
$R'' =$	119	139	125	131	134
$R'' - R' =$	5	26	2	7	3.

Hier sind R''_u und R'_u weniger von einander verschieden; bei *H.* und *Ml.* sogar $R''_u < R'_u$. Die Differenz $R'' - R'$ hat zwar überall einen positiven Werth, aber nur bei *D. Wf.* eine beachtenswerthe Größe. Es geht daraus hervor, dass die Verlängerung von R''_u gegen R'_u nur zu einem geringen Theile von der Ermüdung herrührte und dass sie weit mehr in einer Nachwirkung der complicirteren Be-

dingungen, unter denen bei den den R''_u-Versuchen unmittelbar vorangehenden R_w-Versuchen reagirt wurde, auf die innere Verfassung des Reagirenden ihren Grund hatte. Wurden zwischen die Gruppen R_w und R''_u die R''-Versuche eingeschaltet, so konnte während der letzteren, welche die apperceptive Thätigkeit weniger in Anspruch nahmen, die Klärung des Bewusstseins wieder eintreten, und daher zeigten die nun folgenden R''_u-Zeiten nur eine geringe oder keine Verlängerung. Dies bestätigte *D. Wf.*, indem derselbe in zwei ohne zwischenliegende Ruhepause unmittelbar hintereinander nach dem Schema

$$R \quad R_u \quad R_w \quad R \quad R_u \quad R_w \quad R \quad R_u$$

ausgeführten Versuchsreihen die Werthe

99 **156** 326 89 **132** 319 121 **132,**

und ein anderes Mal bei drei solchen Versuchsreihen die Zeiten

R	R_u	R_w	R	R_u	R_w	R	R_u	R_w	R	R_u
113	**165**	274	101	**129**	312	131	**164**	286	100	**173**

ergab. Wäre die Ermüdung Ursache der Verlängerung von R'' gewesen, so müssten in obigen Versuchsreihen die aufeinanderfolgenden R_u eine steigende Reihe bilden, was keineswegs der Fall ist. An einem anderen Tage wurden drei durch kleine Ruhepausen von 3 bis 5 Minuten getrennte Versuchsreihen von der folgenden Anordnung

$$R \quad R_u \quad R_w \quad R_u \quad R$$

ausgeführt und ergaben die Werthe:

111	**131**	277	**267**	123
136	**192**	308	**201**	162
127	**168**	352	**220**	142.

Unmittelbar darauf folgte eine Reihe von der Anordnung

R	R_u	R_w	R	R_u
113	**182**	262	130	**194**

Daran reihten sich sofort die Einzelversuche:

Unterscheidungsreactionen $R_{u(2)}$ = 343 230 157 158 197;
einfache Reactionen R = 128 122 137 121;
Unterscheidungsreactionen $R_{u(2)}$ = 193 137 169 146.

Die R_u-Zeiten sind hier anfangs sehr kurz, steigen sofort nach ausgeführten R_w beträchtlich an, sinken nach jeder R-Gruppe ein wenig und steigen wieder nach jeder R_w-Gruppe. In den nun folgenden R_u-Reihen sinken sie zusehends und endigen in den Normal-

werth 146; denn Herrn Dr. Wolf's sämmtliche $R_u(_2)$-Werthe der reinen $R_u(_2)$-Versuche geben den Mittelwerth $R_u(_2)=147$.

Zur ferneren Prüfung dieser Thatsachen habe ich noch am 30. und 31. III. 1882 mit den Herren Riedel, C. Wolf und Merkel einige Versuchsreihen unmittelbar hintereinander nach der Anordnung $R\ R'_u\ R_w\ R''_u\ R\ R'_u\ R_w\ R''_u\ R\ R'_u\ R_w\ R''_u\ R$ ausgeführt und im allgemeinen gefunden, dass jedes R''_u größer war als die zunächst vorangegangenen und nachfolgenden R'_u. Beispielsweise seien folgende Zahlen mitgetheilt:

	R	R'_u	R_w	R''_u	R	R'_u	R_w	R''_u	R	R'_u	R_w	R''_u	R
bei *Rl.*	134	186	360	202	119	160	361	208	112	—	—	—	—
C. Wf.	107	207	307	273	105	209	271	252	111	—	—	—	—
Ml.	114	150	313	178	107	130	332	154	99	139	311	159	98.

Es muss aber hierbei erwähnt werden, dass bei diesen Versuchen die Reagirenden von dem Zwecke derselben und dem gegenseitigen Verhalten von R'_u und R''_u keine Kenntniss hatten und haben durften. Denn jeder Reagirende war bestrebt, regelmäßige und unter einander constante Zeiten zu liefern. Wusste er von dem abweichenden Verhalten von R'_u und R''_u von einander, so wurde es ihm nicht schwer, künftighin unmittelbar nach den R_w-Reactionen seine Aufmerksamkeit von neuem zu sammeln, sie lediglich der Unterscheidung zuzuwenden und so eine Vergrößerung von R''_u zu vermeiden. Dies mag wohl auch der Grund sein, weshalb bei *Tt.* und mir, die wir die Resultate unserer Versuche von Reihe zu Reihe selbst aufzeichneten und mit Interesse verfolgten, eine solche Verlängerung nicht zu Stande gekommen ist.

Druck von Breitkopf & Härtel in Leipzig.

Lebenslauf.

Am 28. Juli 1855 zu Oberfriedersdorf in der sächsischen Oberlausitz als Sohn des Webers Leberecht Tischer geboren und in evangelisch-lutherischer Kirche auf den Namen Ernst Theodor Fürchtegott Tischer getauft, empfing ich von meinem 6. bis 14. Lebensjahre Elementarunterricht in der Volksschule zu Oppach, wohin meine Eltern im Jahre 1858 übergesiedelt waren. Von Ostern 1870 bis 1871 war ich Zögling der Webschule zu Großschönau, hierauf ein Jahr lang Werkführergehilfe in zwei Baumwollen-Webereien der sächsischen und preußischen Lausitz, und im Frühjahr und Sommer 1872 Werkführer in einer Damast-Fabrik Schlesiens. Vom August 1872 bis Februar 1874 befand ich mich auf der Wanderschaft. Dieselbe nahm ihren Lauf von Schlesien durch Sachsen, Hannover, Westphalen, Rheinpreußen, Elsass, die westliche Schweiz, das östliche Frankreich, Lothringen, Belgien und England. Ostern 1874 wurde ich als Hospitant, Michaelis desselben Jahres als ordentlicher Schüler der Obersecunda der Realschule I. Ordnung zu Zittau aufgenommen. Ostern 1877 mit dem Zeugniss der Reife entlassen, bezog ich die Universität Leipzig, um Mathematik, Physik und Philosophie zu studiren. Ich hörte insbesondere die Vorlesungen der Herren Professoren Hankel, Neumann, Wundt, Scheibner, von der Mühll, Mayer, Klein und Wiedemann und betheiligte mich an den von den Herren Professoren Neumann, Hankel, Wundt und von der Mühll geleiteten Uebungen. Allen diesen meinen verehrten Lehrern und insbesondere Herrn Prof. Wundt erlaube ich mir hierdurch für die mir gegebene Anregung und Förderung meinen wärmsten Dank auszusprechen.

Im November 1881 bestand ich die Staats-Prüfung für Candidaten des höhern Schulamts in der mathematisch-physikalischen Abtheilung und im December wurde ich vom Hohen Ministerium des Cultus und öffentlichen Unterrichts der Realschule I. Ordnung zu Leipzig zur Erstehung meines Probejahres zugewiesen.